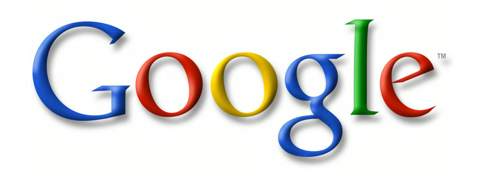
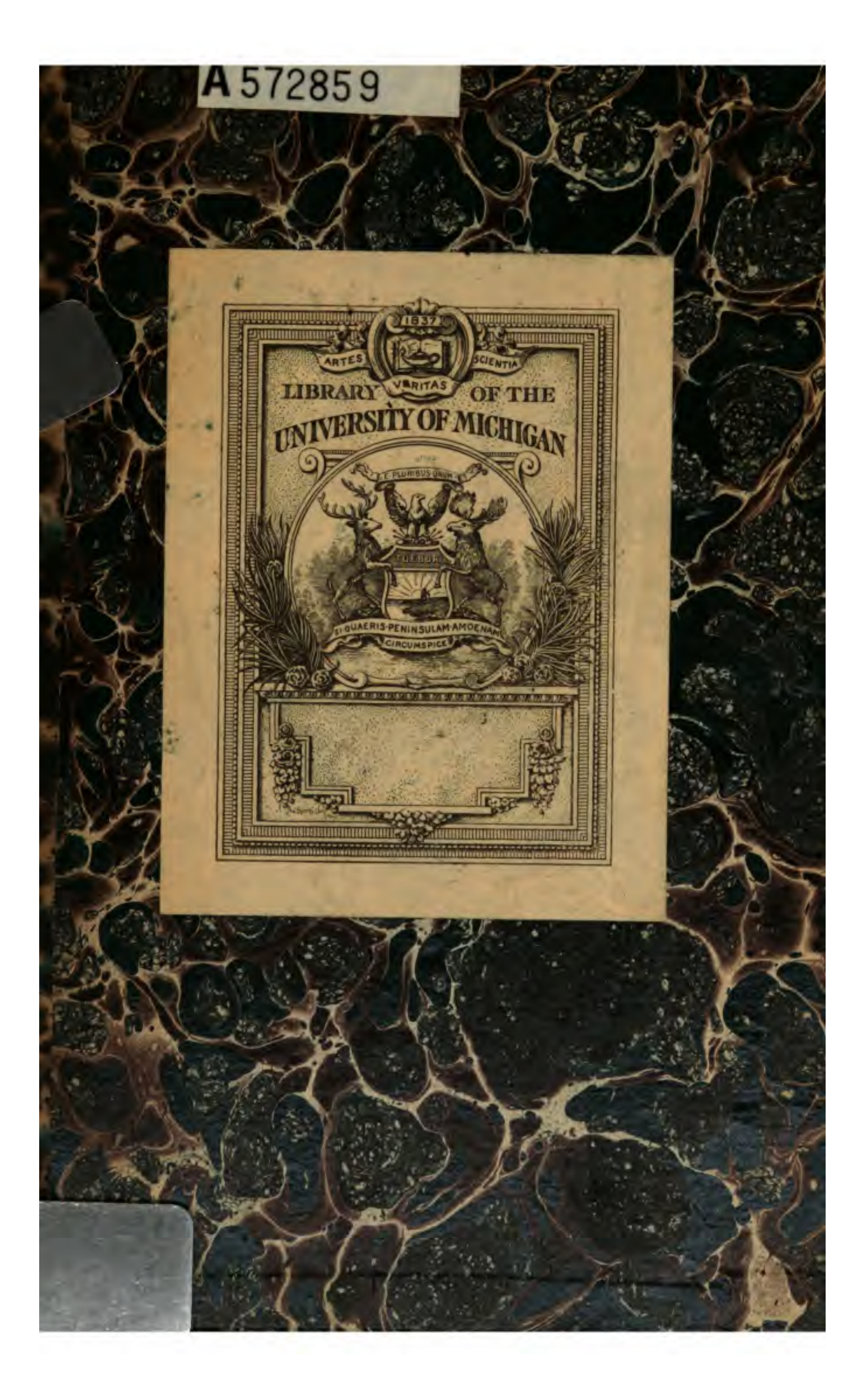



A 572859
1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XXXIII.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

DREI UND DREISSIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND NEUNTER.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1834.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

ZWEITE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

DRITTER BAND.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1834.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes XXXIII der Annalen der Physik und Chemie.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

1834. ANNALEN №. 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

I. *Ueber Meteorsteine; von J. J. Berzelius.*

(*Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1834.)

Erst seit Anfang dieses Jahrhunderts hat man es als wissenschaftlich bewiesen angesehen, dafs von Zeit zu Zeit gröfsere und kleinere Steinmassen auf die Erde herabfallen, gewöhnlich begleitet von einem stark krachenden donnerähnlich rollenden Getöse und einer Feuererscheinung, wobei der Stein auf seiner Oberfläche so schnell verglast wird, dafs sein Inneres vor der verändernden Einwirkung der Hitze geschützt bleibt. Gewöhnlich zerspringt dadurch der Stein während seines Falls und die Stücke werden ziemlich weit umhergeschleudert. Wiewohl aus älterer und neuerer Zeit dergleichen Steinfälle beschrieben worden sind, so glaubte der besonnene Naturforscher doch lange die Zuverlässigkeit solcher Nachrichten in Zweifel ziehen zu müssen, da kein annehmlicher Grund zu der Vermuthung vorhanden war, den Ursprung so schwerer Körper aus der Atmosphäre abzuleiten. Die sicherere Kenntnifs, welche wir gegenwärtig zu besitzen glauben, ward begründet durch einen am 13. December 1795 in England, zu Woldcottage in Yorkshire, sich ereignenden und gehörig beglaubigten Meteorsteinfall. Howard, der einige Jahre darauf eine Untersuchung dieses und mehrer anderer, angeblich vom Himmel gefallener Steine vornahm, fand sie im Ansehen und in der Zusammensetzung übereinstimmend, dagegen bestimmt verschieden von den Mineralien irdischer Abkunft. Als hauptsächlichstes Kennzeichen fand er, dafs sie metallisches Eisen eingesprengt enthielten und dafs diefs Eisen nickelhaltig war. Howard theilte seine Untersuchung i. J. 1802 der Königl. Gesellschaft in London mit.

Sie erregte allgemeine Aufmerksamkeit, wiewohl das von Howard aus seiner Untersuchung gezogene Resultat, welches von Pictet der französichen Academie der Wissenschaften mitgetheilt wurde, in der ersten Zeit für einen Irrthum gehalten wurde. Der Zufall fügte es jedoch, daſs sich wenige Monate darauf, am 26. Apr. 1803, zu L'Aigle im Dep. de l'Orne einer der gröſsten und merkwürdigsten Steinregen ereignete, wobei auf eine gewisse Fläche gegen ein Paar tausend Steinstücke ausgesäet wurden. Die Zahl der Augenzeugen war groſs, und die französische Academie der Wissenschaften, schon aufmerksam geworden auf solche Ereignisse, übertrug ihrem Mitgliede Biot eine Untersuchung der Verhältnisse an Ort und Stelle. Sein Bericht hob allen noch übrig gebliebenen Zweifel, daſs die Steine von oben herabgefallen waren, und zwar unter Erscheinungen, die mit den von früheren Meteorsteinfällen angegebenen eine solche Aehnlichkeit hatten, daſs auch diese dadurch an Glaubwürdigkeit gewannen.

Nun fing man an darüber nachzudenken, wo etwa diese fallenden Körper entsprungen seyn mochten. Die Vermuthung, daſs sie Auswürflinge irdischer Vulcane seyen, bewährte sich nicht, sowohl wegen der groſsen Entfernung der Orte des Falls von Vulcanen als auch wegen der Verschiedenartigkeit der gewöhnlichen vulcanischen Producte und der Meteorsteine. Man hat sie im Ernste als gebildet aus den Bestandtheilen der Luft angesehen; allein wir wissen weder, ob die Bestandtheile der Meteorsteine in Luftform existiren können, noch, ob sie aus den gewöhnlichen Bestandtheilen der Luft zusammengesetzt seyen; und überdieſs, wenn dieſs auch der Fall wäre, haben doch mehre Meteorsteine eine so groſse Masse gehabt, daſs ihre Bildung in der Atmosphäre unmöglich in der kurzen Zeit ihres Falles durch die Luft vor sich gehen konnte, besonders da nothwendigerweise der Fall schon bei Absetzung des ersten festen Theilchens hätte beginnen müssen.

Anaxagoras vermuthete von einem zu seiner Zeit bei Aegos Potamos gefallenen Steine, daſs er von einem andern Weltkörper ausgeworfen worden sey. Diese Ansicht schlieſst vermuthlich die Wahrheit ein, und ist auch durch die Forschungen unserer Zeit unterstützt worden. Olbers äuſserte i. J. 1795 in einem Bericht über den am 16. Juli 1794 zu Siena in Italien geschehenen Meteorsteinfall die Idee, daſs dergleichen Steine vom Monde ausgeworfen seyn könnten, hielt es aber doch für wahrscheinlicher, daſs sie aus dem Vesuv herstammten. Im Jahr 1802 sprach Laplace, auf Veranlassung der Arbeit von Howard, dieselbe Idee aus, mit dem Zusatz, die Feuererscheinung entspringe aus der Zusammendrückung der Luft, in Folge der unendlichen Geschwindigkeit, mit welcher der Meteorstein in die Atmosphäre eindringe, welche aber durch den Widerstand der Luft so verringert werde, daſs der Fall zuletzt nur mit der gewöhnlichen Fallgeschwindigkeit geschehe.

Die uns zugewandte Seite des Mondes ist voller Höhen, und darunter finden sich viele Berge, die den mit Krateren versehenen Vulkanen unserer Erde ganz ähnlich gebildet sind, und dabei so groſse Dimensionen haben, daſs man mit guten Fernröhren in die Kratere sehen und sehr wohl unterscheiden kann, daſs die eine Hälfte der Innenseite von der Sonne beleuchtet und die andere beschattet ist, während der Ring, welcher den Krater bildet, hervorsteht. Dieſs läſst vermuthen, daſs diese Berge ihre Form durch dieselbe Ursache wie die auf der Erde erhalten haben, d. h. durch Eruptionen. Wenn aber die Kraft, welche auf dem Monde Eruptionen hervorbringt, eben so groſs ist als die Wurfkraft der irdischen Vulkane, so müssen sich die geworfenen Körper bedeutend weiter von dem Monde entfernen als von der Erde; denn *erstlich* ist die Masse des Mondes nur 1,45 Procent von der der Erde, und damit steht auch die Schwere auf dem Mond im Verhältniſs; *zweitens* hat der Mond keinen Luft-

kreis, oder wenigstens einen so lockeren, dafs bei Fixsternbedeckungen durch den Mond keine Strahlenbrechung darin wahrnehmbar ist. Der Auswurf geschieht folglich in einen luftleeren Raum, ohne einen solchen mechanischen Widerstand für die Bewegung der geworfenen Körper wie ihn die Atmosphäre der Erde darbietet, wo der Körper daher bald zur Ruhe kommt. Wenn *drittens* der Auswurf gegen die Erde gerichtet ist, so nimmt die Anziehung der Erde zu dem geworfenen Körper beständig zu, während die des Mondes stetig abnimmt. Und *viertens* liegt die Gleichgewichtsgränze zwischen der Erde und dem Monde bedeutend näher am letzteren. Biot giebt an, dafs eine Wurfkraft von 7771 Pariser Fufs in der Secunde diese Gränze erreiche; mit einem geringen Kraftüberschufs wird der Körper dieselbe übersteigen und dann auf die Erde fallen müssen. Diese Geschwindigkeit ist fünf bis sechs Mal gröfser als die einer 24pfündigen Kanonenkugel beim Austritt aus der Kanone, und wird von der Wurfkraft unserer Vulkane übertroffen [1]. Die Berechnungen, welche sowohl Olbers [2] als Poisson [3] hierüber angestellt haben, zeigen, dafs die Idee eine physische Möglichkeit einschliefse.

Verschiedene Umstände bei den Meteorsteinen passen wohl zu dem, was wir glauben von dem Monde zu wissen. Die Meteorsteine sind durchsetzt mit metallischem Eisen, welches, wenn der Stein mit lufthaltigem Wasser befeuchtet wird, allmälig zu Eisenoxydhydrat rostet wie es unter gleichen Umständen mit den Mineralien der Erdkruste der Fall ist. In ihrer ursprünglichen Lagerstätte mangelt also Luft, oder beides, Luft und Wasser. Auch haben astronomische Untersuchungen keine Spur von so

1) Laplace in v. Zach's Monatl. Correspondenz, 1802 Septemb. S. 277.

2) Gilbert's Annal. d. Physik, Bd. XV S. 39.

3) Ebendaselbst, S. 329.

grofsen Wasseransammlungen auf dem Monde gefunden, dafs sie mit guten Fernröhren zu entdecken wären. Ich weifs nicht, dafs man in den Meteorsteinen chemisch gebundenes Wasser gefunden habe. — Wir werden in der weiterhin folgenden Untersuchung finden, dafs die meisten Meteorsteine einander in der Zusammensetzung so ähnlich sind, dafs man sie als von demselben Berg herrührend ansehen kann, während nur wenige von abweichender Beschaffenheit gefunden wurden. So weit es zulässig ist, aus den Verhältnissen auf der Erde einen Schlufs zu ziehen, kann man die übrigen Weltkörper auch gar nicht als homogene Gemenge von Mineralien ansehen, vielmehr hat die Geschichte ihrer ursprünglichen Bildung sicher viele Aehnlichkeit mit der Geschichte der der Erde. Die Felsarten aus verschiedenen Gegenden eines anderen Weltkörpers werden also in der Zusammensetzung verschieden seyn können.

Der Mond kehrt der Erde beständig dieselbe Seite zu. Der Mittelpunkt seiner sichtbaren Scheibe macht folglich deren beständig uns zugewandten Gipfel aus, dessen Eruptionen ihre Projectile am leichtesten über die Gleichgewichtslinie hinauswerfen, und folglich müssen die auf die Erde fallenden Meteorsteine, angenommen, dafs sie vom Monde kommen, in gröfster Zahl von hier ab ausgeworfen worden seyn. Sie können folglich einem ganz beschränkten Gebirgszug angehören, und dann läfst sich ihre grofse Gleichheit im Ansehen und in der Zusammensetzung leicht begreifen. Die Auswürflinge von Eruptionen, welche seitwärts dieses Gipfels geschehen, fliegen in einer nicht mehr direct gegen die Erde gerichteten Linie fort, und müssen also seltener in den Anziehungskreis der Erde gelangen. Wenn die Bergarten dieser Gegenden verschieden sind von denen auf dem Gipfel der uns zugewandten Mondshälfte, so sieht man leicht ein, dafs uns von daher Meteorsteine von anderer als der gewöhnlichen Beschaffenheit zukommen müssen, zugleich

aber auch, dafs diefs vergleichungsweise selten geschehen müsse. Darf man annehmen, dafs der uns zugewandte Mondsscheitel so mit Nickeleisen durchsetzt ist als es die Meteorsteine sind, und dafs die übrigen Theile, oder wenigstens die beständig von der Erde abgewandte Halbkugel, wenig oder gar nichts davon enthalten, so würde daraus folgen, dafs der Mond, wenn auf ihn die Erde, aufser ihrer allgemeinen, von der Schwere herrührenden Anziehung, noch eine magnetische Anziehung ausübte, den eisenreichsten Theil seiner Kugel gegen die Erde wenden müsse, und dafs daraus die wunderbare Erscheinung entstehe, dafs der Mond uns unverwandt die nämliche Seite zukehrt.

Es ist jedoch auch möglich, dafs die Meteorsteine von einem anderen kosmischen Orte herkommen. Olbers äufserte bekanntlich die Vermuthung, dafs die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter Stücke eines zersprungenen Planeten seyn könnten, in Folge welcher Vermuthung mehre dergleichen Stücke gesucht wurden, und Olbers selbst eines derselben fand. Wenn eine solche Katastrophe stattfand, was durch den bedeutenden Winkel, welchen die Bahn der Pallas mit den Bahnen der übrigen Planeten macht, bestätigt zu werden scheint, so mufs eine unendliche Menge kleiner Stücke umhergeschleudert worden seyn in Richtungen, dafs sie um die Sonne abnehmende Bahnen beschreiben, wodurch sie dann leicht auf ihrem Wege in die Attractionssphäre anderer Planeten gerathen und auf sie niederfallen. Man hat auch vermuthet, die Materie des Weltalls befinde sich zum Theil in einer noch nicht geordneten Bewegung, und die Meteorsteine seyen solche mehr oder weniger grofse Massen, welche zuweilen in die Attractionssphäre der Erde gerathen; allein diese Vermuthung ist von allen die wenigst wahrscheinliche. Das Weltsystem scheint von der bestimmtesten Ordnung zu zeugen, und überdiefs wird nach dieser Vermuthung die identische Beschaffenheit der Meteormassen noch weniger begreiflich.

Indeſs läſst sich als ausgemacht ansehen, daſs sie nicht von der Erde, sondern von einem anderen Weltkörper herstammen, und folglich die Beschaffenheit der auſserhalb der Erde vorkommenden wägbaren Stoffe verkünden. In dieser Beziehung haben die Meteorsteine ein auſserordentliches Interesse. Von Wichtigkeit dabei ist es, nicht nur die Mineralien, aus denen sie bestehen, auszumitteln, sondern auch die geringste Spur von zuvor noch nicht darin gefundenen Elementen. Möglich wäre es, darunter solche zu finden, welche noch nicht auf der Erde angetroffen sind.

Wie stark auch die Vermuthung im Voraus war, daſs die Schwerkraft im ganzen Universum herrsche, so haben doch die Astronomen mit besonderem Interesse in den Umläufen der Doppelsterne um einander eine Wirkung derselben Gravitationsgesetze erkannt, welche für unser Planetensystem gültig sind. Nicht minder interessant ist es zu erfahren, aus welchen Stoffen andere Weltkörper bestehen, und die Gewiſsheit zu erlangen, daſs sie von einerlei Natur mit denen sind, welche die Masse der Erde ausmachen. Haben wir gleich die letzteren noch nicht alle in den Meteorsteinen aufgefunden, so haben wir doch einen groſsen Theil der allgemeiner verbreiteten darin angetroffen, und wir werden in dem Folgenden sehen, daſs es geglückt ist zu bestimmen, in welchen chemischen Verbindungen sie darin enthalten sind.

Die Arbeit über Meteorsteine, welche ich hier die Ehre habe der K. Academie zu überreichen, ist veranlaſst worden durch eine Aufforderung, den am 25. November 1833, um $6\frac{1}{4}$ Uhr Abends in der Nachbarschaft von *Blansko* in *Mähren* niedergefallenen Meteorstein chemisch zu untersuchen. Er bildete wie gewöhnlich ein stark leuchtendes Feuerphänomen und seinem Falle ging ein donnerähnliches Getöse voran. Der Bergamts-Director Reichenbach, welcher sich damals auf dem Felde befand und Zeuge des Meteors war, stellte hernach mit

einer starken Mannschaft eine Aufsuchung der gefallenen Masse an, und dadurch glückte es endlich, kleine Stücke, zum Belauf von etwa einem halben Pfunde aufzufinden, aber die Hauptmasse zu entdecken gelang, hauptsächlich wegen der waldigen Beschaffenheit dieser Gegend, noch nicht.

1) Meteorstein von Blansko.

Dieser Meteorstein gehört zu den häufigst vorkommenden, und kann, neben einem derselben gelegt, z. B. neben den von Benares, l'Aigle, Berlongville u. s. w., von ihm nicht unterschieden werden. Seine Beschreibung ist folglich die Beschreibung von diesen. Er hat die gewöhnliche, äufserlich geschmolzene Rinde, eine hellgraue, etwas rostfleckige, feinkörnige Bruchfläche, die hie und da runde Kügelchen von gleicher Farbe mit dem Steine zeigt; letztere können ausgelöst werden und hinterlassen dann eine glatte Höhlung. Er enthält viel Nickeleisen, und sehr wenig Schwefeleisen, in feinen Partien überall eingesprengt, und dadurch zeigt er glänzende Punkte, von denen einige in einer gewissen Richtung röthlich erscheinen, indefs doch nichts anderes sind als angelaufenes Nickeleisen. Zerstöfst man den Stein zu einem gröblichen Pulver, so kann das Nickeleisen mit einem Magneten ausgezogen, und unter Wasser von der sichtlich anhängenden Steinsubstanz abgewaschen werden, so dafs die Eisentheilchen fast silberweifs zurückbleiben. Indefs schliefsen dieselben doch in ihren Vertiefungen und Höhlungen noch viel Steinsubstanz ein, welche bei Auflösung des Eisens theils zersetzt, theils abgelagert wird. In dem zu meinen Versuchen angewandten Stücke waren 17,15 Procent Nickeleisen, von denen die eingeschlossene Steinmasse bereits abgerechnet ist. Unter einem zusammengesetzten Mikroskop kann man mit Deutlichkeit keine anderen Bestandtheile unterscheiden als ein weifses splittriges Mineral, welches scheint durchscheinend zu seyn und

bei den Rostflecken gelblich ist, und die metallischen kantigen Körner. Dasselbe ist der Fall, wenn man das gröbliche Pulver des Minerals unter dem Mikroskop betrachtet; allein dann sind seine Theile durchsichtiger.

Auf mechanischem Wege habe ich aus dem Meteorstein nichts anderes abscheiden können als das weiſse Mineral, die runden Kügelchen und Nickeleisen. Auf chemischen Wege habe ich abgeschieden: Nickeleisen, Schwefeleisen, Chromeisen, ein weiſses Mineral, welches von Säuren zerlegt wird, und ein ähnliches, welches von Säuren nicht angegriffen wird. Obgleich der Stein ziemlich gleichförmig gemengt zu seyn scheint, so ist doch ganz deutlich das Nickeleisen an gewissen Stellen reichlicher als an andern zugegen. Gewisse Theile des Steins geben beim Reiben ein dunkleres Pulver als andere.

Der nicht magnetische Theil des Steins verhält sich vor dem Löthrohr folgendermaſsen: Er giebt, gelinde geglüht, kein Wasser und verändert sich nicht. Wird ein Stück an offener Luft gebrannt, so ist der Geruch nach schwefliger Säure erkennbar, und der Stein wird obenauf schwarz, inwendig rothfleckig. Das Pulver des Steins brennt sich im Glühen roth, und schmilzt endlich, aber weit träger als Feldspath, zu einer schwarzen Glaskugel mit matter Oberfläche, ganz ähnlich der schwarzen Rinde, welche den Stein von auſsen umgiebt. Vom Borax wird er leicht zu einem eisengrünen Glase gelöst; eben so vom Phosphorsalz, jedoch mit Hinterlassung eines Kieselskeletts. Mit kohlensauren Natron schmilzt der Stein zu einer schwarzen Kugel. Dieſs ist das gewöhnliche Verhalten der Meteorsteine vor dem Löthrohr.

Ich werde diese Untersuchung in zwei Hauptabschnitte theilen, nämlich 1) von den nicht magnetischen, und 2) von den mit dem Magneten ausziehbaren Theilen handeln.

Diese mechanische Abscheidung durch den Magneten scheint zwar ganz leicht zu seyn, läſst sich aber doch

so gut wie unmöglich ganz vollständig bewirken. Das Schwefeleisen verwandelt sich beim Reiben in Pulver, welches sich unterschiedlos dem Steinpulver beimengt und ihm eine dunklere Farbe ertheilt. Um erst das Meiste auszuziehen stiefs man den Stein zu grobem Pulver, und zog aus diesem das Magnetische unter Wasser aus. Als dem Magneten nichts mehr folgen wollte, rieb man den Rückstand zu feinem Pulver und behandelte dasselbe abermals unter Wasser mit dem Magneten, wodurch man wieder eine kleine Portion magnetischer Theile erhielt. Den Rückstand zerrieb man nun in einer Porphyrschale und schlemmte ihn. Das trockne Pulver war hellgrau und roch, bei Uebergiefsung mit Salzsäure, nach Schwefelwasserstoffgas, und, beim Glühen, nach schwefliger Säure, beide Mal schnell vorübergehend, aber doch die Gegenwart einer Portion Schwefeleisen beweisend, die vom Magneten nicht ausgezogen worden war.

Zur Vermeidung unnöthiger Weitläufigkeiten werde ich ein für alle Mal den bei den Analysen eingeschlagenen Weg beschreiben und sodann, bei jeder einzelnen Art, wo nicht von diesem Wege abgewichen wurde, nur das Resultat anführen.

A. Das Steinpulver wurde in einem Platingefäfs mit concentrirter Salzsäure zersetzt; es entstand dadurch eine Gelatinirung, die aber doch nur partiell war. Während der Zersetzung war das Gefäfs mit einem reinen Uhrglase bedeckt; diefs wurde aber nicht angegriffen, zeigte also die Abwesenheit von Fluorverbindungen an. Die Masse wurde eingetrocknet, mit Salzsäure befeuchtet und nach einer Weile mit Wasser ausgezogen. Das Ungelöste wurde ausgewaschen, noch feucht zwei Mal mit kohlensaurem Natron gekocht, die Lösung jedesmal mit vielem kochenden Wasser verdünnt und dann noch siedend heifs filtrirt. Das Gewicht des nun Ungelösten gab den Gehalt des Meteorsteins an in Säuren unlöslichen Verbindungen, und, durch Subtraction von dem Gewicht der

angewandten Menge, auch die Menge des durch Säuren zerlegten Theils des Minerals. Die Lösung in kohlensaurem Natron wurde mit Salzsäure übersättigt und im Wasserbade zur Trockne verdunstet; bei Wiederauflösung in Wasser blieb die Kieselerde des von der Säure zersetzten Minerals zurück. Die Lösung in Wasser wurde mit Ammoniak geprüft, dafs sie keinen Niederschlag gab, und das Waschwasser von der Kieselerde wurde zur Trockne verdunstet, worauf der Rückstand, bei Behandlung mit Wasser, noch etwas Kieselerde hinterliefs, welche das Wasser während des Auswaschens aufgenommen hatte.

B. Die Lösung des zersetzten Minerals in Salzsäure wurde mit Salpetersäure oxydirt, die Lösung mit ätzendem Ammoniak gefällt, um in der Flüssigkeit neben einem Theil der Talkerde, Kalk und Alkali zurückzuhalten. Als ich nun die Flüssigkeit sogleich mit kohlensaurem Ammoniak niederschlug, erhielt ich immer weniger Kalk als wirklich im Stein vorhanden war. Ich fand hernach, aber zu spät, um noch Gebrauch davon machen zu können, dafs der Plan der Analyse fehlerhaft war, da nämlich der Meteorstein Zinnoxyd enthielt, welches vor der Oxydation mit Salpetersäure hätte durch Schwefelwasserstoff gefällt werden müssen. Indefs ist die Menge des Zinnoxyds so gering, dafs es ganz vernachlässigt werden kann, nachdem man weifs, dafs es sich darin befindet.

Die mit ätzendem Ammoniak gefällte Flüssigkeit wurde mit etwas Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium versetzt (wodurch sie schwarz ward), und damit in einer verkorkten Flasche stehen gelassen, bis sie, mit einem Stich in's Gelbe, klar geworden war. So lange die klar gewordene Flüssigkeit farblos ist, kann man nicht sicher seyn, den ganzen Nickelgehalt ausgefällt zu haben. Zur Klärung sind oft 24 Stunden erforderlich. Diese Methode zur Abscheidung des Nickeloxyds ist die beste, welche

ich kenne. Indefs hat sie doch zwei Fehler. Der eine besteht darin, dafs beim Waschen etwas schwefelsaures Nickeloxyd wieder gebildet wird; und der andere, dafs durch wechselseitige Verwandtschaft etwas Schwefelmagnesium entsteht und sich mit dem Schwefelnickel niederschlägt, besonders wenn das Gemenge zum Klären in die Wärme gestellt wird. Indefs haben die Fehler der Methode keinen wesentlichen Einflufs auf das Resultat der Analyse. Um aus dem Schwefelmetall die Menge des Nickeloxyds zu bestimmen, ward es geröstet, in Salzsäure gelöst, mit ätzendem Kali gefällt und gewaschen, gewägt und geglüht. Das so erhaltene Nickeloxyd enthielt bei allen Versuchen Kupferoxyd, wie es sich vor dem Löthrohr durch die gewöhnliche Reduction zu Kupferoxydul nachweisen liefs. Es zeigte noch ein anderes Verhalten, welches meine Aufmerksamkeit erregte; es gab nämlich, eingeschmolzen in Phosphorsalz und mit der Oxydationsflamme beblasen, ein Glas, welches beim Erkalten undurchsichtig und farblos ward. Die Veranlassung davon war, wie es sodann zeigte, ein Gehalt von Zinnoxyd. Wird das Nickeloxyd mit Phosphorsalz geschmolzen, metallisches Zinn hinzugesetzt und dann so stark darauf geblasen, dafs sowohl das Nickel als das Kupfer im reducirten Zustand vom Zinn aufgenommen wird, so erhält man beim Erkalten ein trübes Glas von blafsblauer Farbe; was einen geringen Gehalt von Kobalt im Nickeloxyd andeutet. Nachdem das Zinn als beständiger Bestandtheil der Meteorsteine aufgefunden worden, änderte ich die Operationsmethode dahin ab, dafs ich die Lösung in Salzsäure erst mit Schwefelwasserstoffgas fällte, den Ueberschufs desselben durch Abdunsten der filtrirten Flüssigkeit entfernte und darauf die Flüssigkeit im concentrirten Zustand zum Behufe der Oxydation des Eisens auf die im Uebrigen zu Anfange von *B* angeführte Weise mit etwas Salpetersäure vermischte.

C. Die mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium

gefällte Flüssigkeit wurde mit oxalsaurem Ammoniak auf Kalk geprüft, gewöhnlich aber von diesem nicht die geringste Spur erhalten. Da nach mehreren Stunden keine Trübung bemerkt wurde, dunstete ich die Flüssigkeit im Wasserbade zur Trockne ein, erhitzte den Rückstand vorsichtig in einer Porcellanschale bis zur Zersetzung des salpetersauren Ammoniaks, dann bis zur Verjagung des Salmiaks, und nun über einer Weingeistflamme bis zum gelinden Glühen der Schale, so lange noch ein Geruch nach Salzsäure verspürt werden konnte. Nach dem Erkalten der Schale wurde die Masse mit ätzendem Ammoniak befeuchtet, mit Wasser ausgezogen und die Talkerde auf ein Filtrum gebracht. Gewöhnlich ward sie, in Folge eines Mangangehalts, beim Glühen rosenroth. Die Lösung wurde im Platintiegel zur Trockne verdunstet, der Salmiak verjagt und der Boden des Tiegels bis zum anfangenden Glühen erhitzt, dann ein zu einer Kugel aufgerolltes und mit destillirtem Wasser befeuchtetes Filtrum hineingeworfen und der Deckel aufgelegt. Der Zweck hiebei war, das rückständige Chlormagnesium in einer Atmosphäre von Wassergas zu erhitzen, um allen Chlorgehalt völlig fortzunehmen. Nachdem das Papier sich verkohlt hatte, liefs ich den Tiegel erkalten, nahm die Papierkohle heraus, oder verbrannte sie, wenn sie fest geklebt war. Das Wasser zog nun Chlor-Alkalium aus, welches, nach Verdunstung des Wassers zur Trockne, gewogen wurde. Durch Zusatz von Platinchlorid, Abdunstung des Salzes und Behandlung desselben mit Alkohol wurde der Gehalt an Chlorkalium darin auf die gewöhnliche Weise bestimmt. Die im Tiegel festsitzende, von Kohle geschwärzte Talkerde wurde weifs gebrannt und gewägt.

D. Das in *B* mit ätzendem Ammoniak Gefällte wurde in Salzsäure gelöst und mit kohlensaurem Ammoniak niedergeschlagen, weil ich fand, dafs ätzendes Kali keine Thonerde daraus zog, ehe diese neue Fällung vor sich

gegangen war. Nun blieb sehr viel Talkerde in der Lösung zurück, aus der sie auf die gewöhnliche Weise erhalten wurde. Sie enthielt gewöhnlich eine geringe Spur von Nickeloxyd.

Aus dem mit kohlensaurem Ammoniak erhaltenen Niederschlag zog ätzendes Kali Thonerde aus, doch immer nur sehr wenig, welche dann auf gewöhnliche Weise abgeschieden wurde.

Der so behandelte Rückstand wurde in Salzsäure gelöst und bei Digestion auf einem Wasserbade mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt, wodurch Eisenoxyd abgeschieden wurde.

Aus der so gefällten Flüssigkeit wurde mit kohlensaurem Kali, nach Zersetzung der Ammoniaksalze und Verjagung des Ammoniaks, Nickeloxyd erhalten, welches Talkerde und etwas Manganoxyd enthielt. Talkerde und Nickeloxyd zu trennen ist äufserst schwer, und läfst sich unmöglich mit vollständiger Genauigkeit bewirken. Nachdem ich gefunden, dafs oxalsaures Ammoniak, so wie das Lösen in Essigsäure und Behandeln der durch Ammoniak neutralisirten Lösung mit Schwefelwasserstoffgas kein genügendes Resultat lieferte, bediente ich mich der Digestion des geglühten Oxyds mit verdünnter Salpetersäure, wobei das Oxyd meist ungelöst zurückblieb, fällte die Lösung mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, filtrirte sie, trocknete sie ein, und brannte die Salpetersäure fort, um die Talkerde zu erhalten, deren Gewicht von dem gemeinschaftlichen des Nickeloxyds und der Talkerde abgezogen wurde. Nickelfrei wurde zwar die Talkerde auf diese Weise nicht erhalten; allein die Spur, welche sie von diesem zurückhielt, hatte keinen wesentlichen Einflufs auf das Resultat. Die Talkerde ist nach dem Glühen von einem andern gebrannten weifsen Rückstand daran zu erkennen, dafs sie beim gerötheten Lackmuspapier die blaue Farbe wieder herstellt.

E. Der in *A* unlösliche Theil des Meteorsteins,

welches erst mit Salzsäure und dann kochend mit kohlensaurem Natron behandelt worden, wurde bei verschiedenen Versuchen auf dreierlei Weisen behandelt, nämlich entweder mit kohlensaurem Baryt oder kohlensaurem Natron geglüht, oder auch mit Fluorwasserstoffsäure behandelt.

Glühen mit kohlensaurem Baryt. Die geglühte Masse, welche der starken Hitze eines Kohlenofens ausgesetzt worden, war nicht geschmolzen. Ihre Farbe war grau geworden. Sie gelatinirte wie gewöhnlich mit Salzsäure. Die Kieselerde war im feuchten Zustand dunkelgrau, im trocknen aber weiſs. Nach Auflösung durch Kochen mit kohlensaurem Natron blieb ein schwarzes Pulver zurück, welches sich nicht weiter lösen wollte, und nach dem Trocknen braun wurde. Dieses Pulver ergab sich vor dem Löthrohr als Chromeisen, welches in dieser analytischen Methode eine Zersetzung erlitt; als es aber in Phosphorsalz aufgelöst wurde, zeigte es zwei Eigenheiten, nämlich daſs metallisches Platin aus der Oberfläche der Kugel herauskroch und daſs die klare Kugel beim Erkalten trübe grün ward. Das Platin rührte sichtlich im Versuche von dem Platintiegel her, welcher bei dem Glühen schien angegriffen worden zu seyn. Ich würde dieses Umstandes gar nicht erwähnt haben, wenn ich nicht einen ganz gleichen bei der Zerlegung des Minerals durch Fluorwasserstoffsäure beobachtet hätte, wiewohl hier kein Anfressen des Tiegels merkbar war. Indeſs habe ich doch keinen Grund, dieses Platin von etwas anderem als dem gebrauchten Platintiegel herzuleiten. Den Bestandtheil, welcher die Phosphorsalzkugel trübte, stellte ich auf folgende Weise dar. Das Chromeisen wurde durch Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali aufgelöst, wobei das Platin obenauf floſs und einen Theil der Oberfläche versilberte, wo es sich während des Abkühlens erhielt und abgenommen werden konnte. Die Masse wurde in Wasser gelöst und durch die schwach grüne Lösung ein Strom von Schwefelwasserstoffgas ge-

leitet; es entstand dadurch ein gelbbrauner Niederschlag, welcher, nach dem Rösten, mit kohlensaurem Natron und Borax im Reductionsfeuer behandelt, ein geschmeidigeres Zinnkorn gab. Mit Phosphorsalz konnte darin ein geringer Kupfergehalt entdeckt werden. Das schwarze Pulver war also Chromeisen, welches eine verhältnifsmäfsig sehr geringe Menge Zinnoxyd enthielt, wahrscheinlich im Zustand des gewöhnlichen Zinnsteins.

Die Lösung der geglühten Steinmasse in Salzsäure wurde durch Schwefelsäure vom Baryt, und durch Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium vom Nickeloxyd befreit, mit Salpetersäure oxydirt und abgeraucht, so dafs die Schwefelsäure sowohl alle Salpetersäure als Salzsäure ausjagte, wieder in Wasser gelöst, mit ätzendem Ammoniak gefällt, darauf die in der Flüssigkeit zurückgebliebenen Alkalien nebst dem Kalk und der Talkerde auf gewöhnliche Weise, d. h. mit essigsaurem Baryt, abgeschieden, was im Detail anzugeben mir überflüssig scheint.

Der Niederschlag mit ätzendem Ammoniak wurde wieder in Salzsäure gelöst und mit kohlensaurem Ammoniak gefällt; dabei blieb die Talkerde in der Flüssigkeit zurück, aus welcher sie gefällt und ihrem Gewichte nach bestimmt wurde.

Der Niederschlag gab mit ätzendem Kali Thonerde. Aus der Flüssigkeit, aus welcher die Thonerde mit kohlensaurem Ammoniak gefällt war, wurde durch Abdunsten und durch Glühen mit Salpeter eine deutliche Spur von Chrom erhalten, welche sich mit salpetersaurem Bleioxyd fällen liefs, aber doch nicht das Wägen verdiente.

Das mit ätzendem Kali behandelte Eisenoxyd auf's Neue gelöst und mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt, liefs etwas Nickeloxyd mit Talkerde in der Flüssigkeit zurück. Sie wurden auf vorhin genannte Weise geschieden.

Der Niederschlag mit bernsteinsaurem Ammoniak wurde geglüht und gewogen, dann zum feinsten Pulver gerieben und in einem Platintiegel mit Salpeter und etwas

1834. ANNALEN No. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

kohlensaurem Kali gebrannt. Die gelbe Salzmasse wurde mit Wasser ausgekocht, die Lösung mit Essigsäure gesättigt und gefällt zuweilen mit salpetersaurem Quecksilberoxydul, wo dann der geglühte Niederschlag Chromoxyd war, oder zuweilen mit salpetersaurem Bleioxyd, was chromsaures Bleioxyd gab. Aus beiden Niederschlägen wurde der entsprechende Gehalt an Chromeisen nach der Formel $\dot{Fe}\dddot{\bar{Cr}}$ berechnet. Da das gemeinschaftliche Gewicht des Eisen- und Chromoxyds bekannt war, wurde das des Eisenoxyds durch Abzug des vom Chromoxyd erhalten. Das Eisenoxyd wurde zu Oxydul berechnet, und davon die Menge abgezogen, welche nöthig war, um mit dem Chromoxyd Chromeisen zu bilden.

Bei der Analyse des löslichen wie des unlöslichen Theils der Bergart des Meteorsteins bestimmte ich den Mangangehalt auf die Weise, dafs ich alle erhaltene Talkerde sammelte, glühte und wog, darauf in Salzsäure löste, und zu dieser Lösung, nachdem sie in eine Flasche gegossen war, ein Gemenge von chlorigsaurem und doppelt kohlensaurem Natron gofs; das Mangan fand sich dann nach 24 Stunden als Oxyd gefällt, welches nun geglüht, gewogen und von dem Gewichte der Talkerde abgezogen ward.

Das *Glühen mit kohlensaurem Natron* geht am besten, wenn man nicht beabsichtigt, das Chromeisen in Substanz abzuscheiden und die geringe Menge Alkali zu bestimmen. Auch bei dieser Methode bekommt man in dem mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällten Eisenoxyd einen Hinterhalt von Chromoxyd.

Die *Analyse durch Fluorwasserstoffsäure* geht leicht. Nachdem die Säure im Wasserbade abgedunstet ist, setzt man Schwefelsäure hinzu und vertreibt die Flufssäure aus dem Rückstand. Die Masse ist schwarz von unaufgelösetem Chromeisen, welches nach Verdünnung der Lösung

mit Wasser und nach Digestion zur Auflösung des Gypses zurückbleibt. Im Uebrigen geschieht die Analyse ganz so wie bei der mit Baryt, nachdem dieser durch Schwefelsäure gefällt worden ist. Der Gehalt an Kieselerde giebt sich durch den Verlust zu erkennen. Auch hier findet man, aufser der Thonerde, eine Spur von Chrom vom ätzenden Kali ausgezogen, und in dem mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällten Eisenoxyd gleichfalls eine Portion Chromoxyd.

Der Meteorstein von Blansko dieser Behandlung unterworfen, gab von dem durch Säuren zersetzbaren Minerale 51,5, von dem in Säuren unlöslichen 48,5. In einem anderen Versuch wurden 48,9 vom ersteren und 51,1 vom letzteren erhalten, woraus zu folgen scheint, dafs das Gemenge nicht vollkommen homogen an allen Punkten ist.

Die Analyse des *löslichen Minerals*, auf 100 Theile berechnet, gab folgende Bestandtheile:

			Sauerstoffgeh.
Kieselerde	33,084		17,192
Talkerde	36,143	14,00	
Eisenoxydul	26,935	6,01	
Manganoxydul	0,465	0,12	
Nickeloxyd, zinn- u. kupferhaltig	0,465	0,10	20,52
Thonerde	0,329	0,10	
Natron	0,857	0,12	
Kali	0,429	0,07	
Verlust	1,273		
	100,000.		

Vergleicht man den Sauerstoffgehalt der Kieselerde mit dem der Basen, und erwägt dabei, dafs Säuren bei Zersetzung des Minerals Schwefelwasserstoffgas entwikkeln, so ergiebt sich deutlich, dafs hier eine Portion Eisen als oxydirt aufgeführt worden, die eigentlich geschwefelt war. Dadurch ist auch bei Zusammenrechnung der

Resultate ein Verlust entsprungen, weil das Schwefelatom doppelt so schwer ist als das Sauerstoffatom. Es ist eine Unvollkommenheit bei der Untersuchung, dafs die Menge des Schwefels nicht bestimmt wurde; allein diefs würde die Genauigkeit der übrigen Bestimmungen verhindert haben, die ich doch für wichtiger hielt. Zwar habe ich gesucht bei einer anderen Portion den Schwefel zu bestimmen, aber doch keinen Gebrauch davon gemacht, weil sicher das Schwefeleisen ungleich vertheilt ist, wovon man sich schon mit blofsem Auge überzeugen kann. Ich hatte mir eingebildet, dafs man würde mit einem durch viel Wasser verdünnten Gemenge von Salzsäure und chlorsaurem Kali nur Nickeleisen und Schwefeleisen ausziehen und so das Mineral von diesen Verbindungen ganz befreien können, und unterwarf in dieser Absicht 3,5 Grm. vom gröblich zerstofsenen Steinpulver einer solchen Behandlung. Aus der Lösung konnte ich 0,13 Grm. schwefelsauren Baryt fällen, entsprechend ½ Proc. Schwefel von dem ganzen Stein, das Nickeleisen eingerechnet, oder 1,2 Proc. von dem löslichen Mineral; als ich indefs das Ungelöste sehr gelinde erwärmte, wurde eine Portion Schwefel, welche die Säure unoxydirt abgeschieden hatte, theils sublimirt, theils in Brand gesetzt, so dafs also der Schwefelgehalt gröfser ist. Bei diesem Versuche fand ich auch, dafs selbst die verdünnte Säure bedeutend von dem löslichen Minerale mit der Kieselerde und Allem auflöse; und bei Einziehung dieser Erfahrung hatte ich ungefähr die Hälfte von dem verloren, was ich zur Untersuchung anwenden konnte.

Durch diese Erörterung glaube ich es ganz wahrscheinlich gemacht zu haben, dafs in dem in Säuren löslichen Meteormineral die Kieselerde und die Basen gleichviel Sauerstoff enthalten, und dafs der Ueberschufs, den letztere davon enthalten, davon herrührt, dafs das Schwefeleisen als Eisenoxydul berechnet wurde. Man könnte ihn auch davon ableiten, dafs dem Steine Eisenoxyduloxyd

eingemengt wäre, allein dessen Anwesenheit läfst sich nur in solchen Fällen ermitteln, wo es in bedeutenderer Menge vorkommt, wovon wir bei anderen Meteorsteinen Beispiele haben.

Das *unlösliche Mineral* wurde theils mit kohlensaurem Baryt und theils mit kohlensaurem Natron analysirt. Ich werde die Resultate beider Methoden anführen. Der Unterschied zwischen ihnen ist nicht grofs und kann in den Methoden begründet seyn, aber auch in einer veränderlichen Mischung der Bestandtheile des Minerals.

	Kohlensaur. Baryt.	Kohlensaur. Natron.	Sauerstoffgehalt.	
Kieselerde	57,145	57,012		29,626
Talkerde	21,843	24,956	9,660	14,338
Kalk	3,106	1,437	0,412	
Eisenoxydul	8,592	8,362	1,904	
Manganoxydul	0,724	0,557	0,124	
Nickeloxyd, zinn- u. kupferh.	0,021	•		
Thonerde	5,590	4,792	2,238	
Natron	0,931			
Kali	0,010			
Chromeisen (zinnhaltig)	1,533	1,306		
Verlust	0,505	1,579		
	100,000	100,000.		

Der Verlust bei letzterer Analyse besteht hauptsächlich aus Alkali. Man sieht, der Sauerstoff der Kieselerde ist doppelt so grofs als der der Basen. Legt man den Sauerstoffgehalt der Alkalien hinzu, so kommt der Sauerstoffgehalt der Basen noch näher an die richtige Zahl. Möglicherweise ist darunter eine geringe Portion eines Minerals enthalten, worin der Sauerstoffgehalt der Kieselerde das Dreifache des der Basen ist. Diefs läfst sich nicht entscheiden, wenn man Gemenge analysiren mufs.

Ich habe gesagt, dafs sich in der Masse des Meteor-

steins *runde Kügelchen* finden. Diefs ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung bei den Meteorsteinen. Schon Howard hat sie beobachtet und versucht sie zu analysiren. Ich konnte nicht so viel von ihnen abtrennen, um eine besondere Analyse mit denselben zu unternehmen, aber die Versuche, die ich mit ihnen anstellte, gaben ein dem Howard'schen gleiches Resultat, nämlich: dafs sie dasselbe Mineral enthalten wie der Stein. Aus ihrem Pulver liefs sich nichts mit dem Magneten ausziehen, aber defsungeachtet entwickelte es bei Uebergiefsung mit Salzsäure den Geruch nach Schwefelwasserstoffgas. Ein Theil des Pulvers gelatinirte, ein anderer wurde nicht von der Säure verändert.

Ich führte vorhin an, die Analyse des Meteorsteins zerfalle in die Untersuchung des unmagnetischen und in die des magnetischen Theils. Ich komme jetzt zu der letzteren.

Um so viel wie möglich diesen Theil von dem Steinpulver zu befreien zerrieb ich ihn mit den Fingern unter Wasser, so lange frisch aufgegossenes Wasser getrübt wurde. Dabei blieben Körner zurück, welche im Allgemeinen klein waren, aber vollkommen metallisch glänzten. Defsungeachtet blieb doch in ihren Höhlungen sehr viel Steinmasse eingeschlossen, die erst bei der Auflösung frei ward und dadurch die Analyse verwickelter machte als geschehen müfste, weil die Bestandtheile des löslichen Minerals sich mit dem Eisen des Meteores mischten, während das Ungelöste in Pulverform abgeschieden wurde. Der Gang der Analyse war folgender: 1,137 Grm. Meteoreisen wurde in Salzsäure gelöst und das Gas durch ein Gemenge von salpetersaurem Silberoxyd und Ammoniak geleitet. Es fällte sich Schwefelsilber, welches auf ein gewogenes Filtrum gebracht wurde; es wog 0,0215 Grm. =0,0028 Grm. Schwefel. Nach beendeter Einwirkung der Salzsäure erschienen schwarze Punkte in dem Ungelösten, welche indefs durch Zusatz von Salpetersäure und eine kurze Di-

gestion verschwanden. Das ungelöste Mineral wog 0,1550 Gramm.

Die Lösung wurde mit Salpetersäure oxydirt, das Eisen mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt und nach dem Glühen gewogen. Bei Wiederauflösung in Salzsäure hinterliefs es etwas Kieselerde ungelöst; niedergeschlagen mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium und die Flüssigkeit auf einen Gehalt von Phosphorsäure untersucht, erhielt ich eine geringe Spur von dieser, die indefs, selbst in Form von phosphorsaurem Kalk, nicht gewogen werden konnte. Aus der mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällten Flüssigkeit wurde das Nickeloxyd so nahe wie möglich mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium abgeschieden, der Niederschlag geröstet, und das Nickeloxyd vom Kobaltoxyd nach der Phillips'schen Methode mit Ammoniak und Kali getrennt. Das Nickeloxyd wurde wieder in Salzsäure gelöst und mit Schwefelwasserstoff behandelt, wodurch ein erst gelblicher, nach dem Trocknen aber schwarzer Niederschlag entstand, worin sich mit dem Löthrohr Zinn und Kupfer entdecken liefs.

Die mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällte Flüssigkeit enthielt, nach Abscheidung der Metalle, noch Talkerde, Kalk und Kieselerde, welche auf gewöhnliche Weise von einander getrennt wurden.

Die Analyse gab in den angeführten 1,137 Grm.

Eisenoxyd	1,1940
Nickeloxyd	0,0555
Zinnoxyd und Kupferoxyd	0,0050
Kobaltoxyd	0,0040
Schwefel	0,0028
Kieselerde	0,0275
Talkerde	0,0310
Kalk	0,0090
Ungelöstes Mineral	0,1550
	1,4830.

Hievon mufs, um diefs Resultat anwendbar zu machen, das eingemengte Mineral abgerechnet werden. Ich setze dabei voraus, der Talkerdegehalt gebe nach der vorhin angeführten Analyse des auflöslichen Minerals an, wie viel Eisenoxyd diesem angehöre. Diefs giebt 0,0252, entsprechend 0,023 Eisenoxydul. Daraus folgt, dafs von den angewandten 1,137 müssen 0,2455 für beigemengtes Mineral abgezogen werden.

Von dem, was dann zurückbleibt, war 0,8115 Eisen, 0,0137 Nickel, 0,0030 Kobalt, 0,0040 Zinn und Kupfer, und 0,0028 Schwefel, welche, den 0,2455 hinzugefügt, 1,1105 ausmachen, und einen Verlust von 0,028 oder beinahe 2,5 Procent ergeben. Letzterer entstand vermuthlich aus eingesogener Feuchtigkeit, welche aus dem nicht sichtbaren und in unerwartet grofser Menge dem Meteoreisen beigemengten Steinpulver nicht vollständig ausgetrieben worden war. Nach dieser Berechnung enthält das Meteoreisen:

Eisen	93,816
Nickel	5,053
Kobalt	0,347
Zinn und Kupfer	0,460
Schwefel	0,324
Spur vom Phosphor	
	100,000.

Es ist an sich klar, dafs diese Zahlen, die aus einer verwickelteren Analyse hergeleitet wurden als es der Fall gewesen seyn würde, wenn kein Steinpulver mit gefolgt wäre, keine grofse Genauigkeit haben können. Wir werden weiterhin finden, dafs das Meteoreisen Schwefel enthält; aber hier ist dessen Menge zu grofs, als dafs es hätte dem geschmeidigen Nickeleisen angehören können.

Zur Bestimmung des Zinn- und Phosphorgehalts bediente ich mich der zuvor, S. 19, erwähnten 3,5 Grm. Steinpulver, welche zur Bestimmung des Schwefelgehalts

benutzt worden waren. Schwefelwasserstoff brachte eine gelbe Trübung hervor, worin sich viel überschüssiger Schwefel befand. Dieser hinterliefs nach dem Rösten einen Rückstand, welcher, mit Borax und kohlensaurem Natron reducirt, ein Zinnkorn gab. Darauf unvorbereitet und nur Schwefel in dem gelblichen Niederschlag erwartend, hatte ich den geglühten Rückstand vor Anstellung der Löthrohrprobe nicht gewägt. Ich befürchtete nun Zinn in meinem destillirten Wasser. Ein Umstand, der keineswegs ungewöhnlich ist. Allein es fand sich, dafs dasselbe nicht zu diesem Zinngehalt Anlafs gegeben hatte. Ich leitete ihn nun von der Salzsäure her. Es geschieht nämlich oft, dafs sich bei deren Bereitung in der Vorlage und dem Ableitungsrohr anfangs ein krystallinischer Anflug zeigt, welcher im Fortgang der Destillation verschwindet. Dieser flüchtige Stoff ist Zinnchlorid. Das Zinn fand sich dann zuvor in der Schwefelsäure. Meine Salzsäure, welche, mit vielem Wasser verdünnt, einem Strome Schwefelwasserstoff ausgesetzt wurde, ward endlich trübe, und setzte nach mehren Tagen einen braunen Stoff in sehr geringer Menge ab, so dafs er kaum zu einem Löthrohrversuch gesammelt werden konnte, aber in diesem war wirklich Zinn enthalten. Da dieser aus ungefähr $\frac{1}{3}$ Pfund concentrirter Salzsäure erhalten worden war, und bei meinen Versuchen nicht mehr als zwei bis drei Grammen auf einmal angewandt wurden, so ist klar, dafs dieser Gehalt an Zinn und Kupfer wirklich aus dem Meteorstein herstammte, wovon ich mich auch dadurch vergewisserte, dafs ich auch aus Chromeisen Zinn auszog. Inzwischen, da das Material noch nicht ganz verbraucht worden war, stellte ich für jeden Fall eine Gegenprobe an mit Salzsäure und Wasser, welche beide für sich mit Schwefelwasserstoff gesättigt und darauf von diesem Gase durch Erwärmung wieder befreit worden waren; allein das Resultat blieb in Bezug auf den Zinngehalt dasselbe.

Um mich des Phosphorgehalts in diesem Meteoreisen zu versichern, bediente ich mich wieder der eben erwähnten Lösung jener 3,5 Grm. Steinpulver, fällte daraus den Metallgehalt mit kohlensaurem Ammoniak, löste den Niederschlag in Salzsäure, versetzte die Lösung mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, filtrirte, nachdem sich das Schwefeleisen abgeschieden hatte, die gelbe Flüssigkeit ab, übersättigte sie mit Salzsäure, dunstete sie zur Trockne, löste den Rückstand wieder in Wasser, und vermischte die Lösung mit Chlorcalcium und ätzendem Ammoniak, wodurch ich 0,012 Grm. phosphorsauren Kalk erhielt.

In mineralogischer Hinsicht kann folglich der Meteorstein von Blansko angesehen werden als bestehend aus:

Nickeleisen, welches Kobalt, Zinn, Kupfer, Schwefel und Phosphor enthält	17,15
Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, worin Basen und Kieselerde gleich viel Sauerstoff enthalten, nebst etwas Schwefeleisen	42,67
Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, gemengt mit Silicaten von Alkali, Kalk und Thonerde, worin die Kieselerde doppelt so viel Sauerstoff als die Basen enthält	39,43
Chromeisen, verunreinigt mit Zinnstein	0,75

Dafs die relativen Mengen dieser Gemengtheile in verschiedenen Stücken des Steins Variationen unterworfen seyen, darf kaum bezweifelt werden.

Ich habe der K. Academie bereits zwei Mal Untersuchungen über Meteorsteine mitgetheilt. Die eine derselben hatte einen in Macedonien gefallenen Meteorstein zum Gegenstand [1]). Im Ansehen ist dieser bedeutend

1) *Kongl. Vetensk. Acad. Handl.* 1828. (Diese Annal. Bd. XVI S. 611.)

verschieden von dem von Blansko, aber das Resultat seiner Analyse gleicht dem eben angeführten so sehr, dafs ich glaubte, diese Uebereinstimmung auch bei andern nachsuchen zu müssen. Der Meteorstein aus Macedonien enthält Meteoreisen, worin sich 6 Procent kobalthaltiges Nickel und viel Schwefeleisen fand, und der unmagnetische Theil war zerlegbar in 47,5 Procent eines löslichen und 52,5 Procent eines unlöslichen Minerals. In dem löslichen enthielten die Basen mehr als gleichviel bis anderthalb Mal so viel Sauerstoff wie die Kieselerde. Es ist aber wahrscheinlicher, dafs diefs von eingemengtem Schwefeleisen und Magneteisenstein herrührt, als von der Gegenwart eines so basischen Silicats. Das Unlösliche bestand aus Silicaten von Talkerde, Eisenoxydul, Kalk, Alkali und Thonerde, worin die Kieselerde zwei Mal so viel Sauerstoff als die Basen enthielt [1]). Die andere Analyse wurde mit einem in Böhmen gefundenen Meteoreisen angestellt [2]), worin enthalten waren: Eisen 92,473, Nickel 5.667, Kobalt 0,235 mit Spur von Schwefel und eine unlösliche Verbindung von Phosphor mit Eisen und Nickel.

Die Frage war also ganz natürlich: Sind alle Meteorsteine Gemenge von Nickeleisen und Schwefeleisen mit in Säuren löslichen Silicaten von Talkerde und Eisenoxydul, und in Säuren unlöslichen Silicaten von Talkerde, Thonerde und Alkali, nebst Chromeisen und Zinnstein; sind ferner die Meteorsteine immer zinnhaltig, immer gemengt mit Phosphorverbindungen?

Die Analysen meiner Vorgänger beantworten diese Fragen nicht. Howard hatte wohl Nickeleisen und Schwefeleisen aus der magnetischen Bergart ausgeschie-

1) In der Abhandlung steht, dafs der Sauerstoff gleich sey. Diefs ist aber ein Versehen bei der Abfassung; denn der Sauerstoff in der Kieselerde ist 13,6 und der in sämmtlichen Basen 6,5.

2) *Kongl. Vetensk. Acad. Handl.* 1832, *p.* 106. (Diese Annalen, Bd. XXVII S. 118.)

den, welche er, wie Alle nach ihm, als eine einzige Verbindung analysirte; allein weiter war er nicht gegangen. Laugier hatte den Chromgehalt entdeckt, über welchen Stromeyer die Vermuthung äufserte, dafs er von eingemengtem Chromeisen herrühre, wie es durch die obigen Versuche bewiesen worden ist. Diefs veranlafste die Ausführlichkeit der gegenwärtigen Untersuchung, wobei ich zum Gegenstande meiner Untersuchung solche Meteorsteine wählte, welche in ihrem Ansehen sehr von den gewöhnlichen abweichen, dabei annehmend, dafs die, welche einander vollkommen gleichen, ohne Irrthum als von demselben Orte abstammend und als gleiche Zusammensetzung besitzend angesehen werden können. Ich habe mich jedoch hiebei auf die wenigen beschränken müssen, die in meiner eigenen Sammlung befindlich sind.

II. Meteorstein von Chantonnay.

Dieser fiel unter den gewöhnlichen Erscheinungen einer Feuerkugel und unter einem donnerähnlichen Getöse um 2 Uhr Morgens am 5. Aug. 1812 nicht weit von Chantonnay im Departement de la Vendée, und ward an demselben Tage von dem Pächter des Guts la haute Révetison auf einem Felde in der Nähe seines Wohnhauses aufgefunden. Er war drittehalb Fufs tief in die Erde eingedrungen und roch noch stark nach Schwefel. Er wog 69 Pfund, und besafs eine viel gröfsere Härte und Cohäsion als gewöhnlich die Meteorsteine, so dafs er am Stahle Funken gab. Seine Bruchfläche hatte eine dunklere Farbe als gewöhnlich die Meteorsteine, und an einigen Stellen war sie ganz schwarz. Die umgebende verglaste Rinde war weniger schwarz und zuweilen dunkel grauroth. Ich weifs nicht, dafs eine Analyse desselben bekannt gemacht worden sey. Das Stück, welches ich davon besitze, habe ich von den verstorbenen französischen Mineralogen Lucas erhalten, und seine Kennzeichen stimmen ganz mit der Beschreibung überein, welche

kurz nach dem Falle dieses Steins von **Chladni** während seines Aufenthaltes in Paris gegeben wurde [1]).

Zur Analyse habe ich nur das Schwärzeste und Härteste, im Ansehen von den gewöhnlichen Meteorsteinen ganz Verschiedene angewandt. Diefs enthält Nickeleisen in gröfseren und kleineren Körnern, und viel Schwefeleisen, welche beide mit dem Magneten ausgezogen werden können. Diese habe ich, als meinem Zweck nicht angemessen, nicht analysirt. Ich hatte zur Absicht, Schwefeleisen daraus zur Untersuchung zu erhalten; allein unter dem Mikroskope entdeckte ich darin bald zahlreiche Flitterchen von Nickeleisen und abgeschiedene Theile von Steinpulver, welche beim Ausziehen mit dem Magneten daran hängen geblieben waren. Das Steinpulver wurde mit dem Magneten unter Wasser behandelt, und wiewohl es mir schien, als sey es ganz frei von magnetischen Theilen, so wurde doch, bei Uebergiefsung mit Salzsäure, Schwefelwasserstoffgas daraus entwickelt.

Der von Säuren zersetzbare Theil machte 51,12 Procent, und der in ihnen unlösliche 48,88 Procent aus, also gerade so viel wie beim Stein von Blansko.

Das lösliche Mineral enthielt:

			Sauerstoffgeh.
Kieselerde	32,607		16,96
Talkerde	34,357	13,29	
Eisenoxydul	28,801	6,56	20,04
Manganoxydul	0,821	0,19	
Nickeloxyd, verunreinigt mit Zinn- und Kupferoxyd	0,456		
Natron und Kali	0,977		
Verlust	1,971		
	100,000.		

Im unlöslichen Minerale fand sich:

1) **Gilbert's** Annalen, Bd. LX S. 247.

			Sauerstoffgeh.
Kieselerde	56,252		29,75
Talkerde	20,396	7,91	
Kalk	3,106	0,88	
Eisenoxydul	9,723	2,21	
Manganoxydul	0,690	0,16	
Nickeloxyd mit Zinn- u. Kupferoxyd	0,138	0,05	14,34
Thonerde	6,025	2,81	
Natron	1,000	0,26	
Kali	0,512	0,08	
Chromeisen	1,100		
Verlust	1,070		
	100,000.		

Hier findet sich also, ungeachtet der Ungleichheit im Ansehen, eine wunderbare Gleichheit in der Zusammensetzung. Beim Vergleiche zeigt sich, dafs einem gröfseren Kalkgehalt ein gröfserer Thonerdegehalt folgt. Daraus läfst sich schliefsen, dafs diese Stoffe Bestandtheile eines besonderen Minerals ausmachen, welches in verschiedener Quantität eingemengt seyn kann.

Da mir von diesem Meteorsteine mehr zu Gebote stand als von anderen, so suchte ich mir einen Begriff von dem Zinngehalt darin zu verschaffen, und zwar durch folgende Versuche: 2,93 Grm. des geschlemmten und von den magnetischen Theilen befreiten Steinpulvers wurden durch Fluorwasserstoffsäure zerlegt, was mit vieler Heftigkeit geschah. Nach Abdunstung wurde die Fluorwasserstoffsäure mit Schwefelsäure ausgetrieben und die Salzmasse in Wasser gelöst, wobei 0,025 Grm. Chromeisen ungelöst blieben. Durch Schwefelwasserstoff wurde aus der Lösung Schwefelzinn gefällt, welches nach dem Rösten 0,002 Grm. wog, und bei Reduction ein, wegen beigemengten Kupfers, in's Gelbe fallende Korn gab. Das Chromeisen wurde durch Schmelzen in saurem schwefelsauren Kali gelöst, und die Lösung mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, was noch 0,0015 Grm. Zinnoxyd gab,

worin vor dem Löthrohr eine sehr schwache Spur Kupfer entdeckt werden konnte. Dieser Meteorstein enthält also ungefähr $\frac{1}{10}$ Procent Zinnoxyd und 0,84 Procent Chromeisen. Daraus folgt dann, dafs der bei der vorhergehenden Analyse in dem Unlöslichen gefundene Chromeisengehalt zu niedrig ist. Diefs rührte davon her, dafs das mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällte Eisenoxyd, nach dem Glühen und Wägen, verlor ehe es mit Alkali und Salpeter geschmolzen wurde, welches aber für nicht so wichtig gehalten wurde, dafs es einen neuen Versuch verdient hätte. Nach dem nun Angeführten hätte das Chromeisen 1,7 Procent vom unlöslichen Minerale betragen müssen.

III. Meteorstein von Lontalax.

Dieser Meteorstein fiel am 13. Dec. 1813 in der Nähe des Dorfes Lontalax, im Kirchspiel Savitaipals im Län Viborg in Finnland. Ein grofser Theil der Stücke fiel auf das Eis, von wo sie aufgelesen wurden [1]). Er ist von Nordenskiöld [2]) näher beschrieben, welcher die Güte hatte mir ein kleines Stück davon mitzutheilen, von dem ich den gröfsten Theil zu der folgenden Untersuchung anwandte.

Nach Nordenskiöld's Angabe enthält dieser Meteorstein als Gemengtheile folgende: 1) Ein hell olivengrünes Mineral, welches sich vor dem Löthrohr wie Olivin verhält, nur in geringer Menge vorkommt und nicht gröfser ist als ein Stecknadelknopf. 2) Ein halb klares, weifses, blättriges Mineral, welches auf der Oberfläche krystallinisch aussieht und leicht zerbröckelt. 3) Schwarze, dem Magnete folgsame Punkte. 4) Ein aschgrauer, wenig zusammenhängender Stoff, welcher ohne Aufschwellen zu einer schwarzen Kugel schmilzt und die reichlichste Masse des Steins ausmacht. Auswendig ist er von einer schwarzen Schlackenrinde umgeben.

1) A. N. Scheerer, Allgemeine nordische Annalen, Bd. I S. 174.
2) *Bidrag til närmare kännedom of finlands mineralier och geognosie, I p.* 99.

Was ich von diesem Meteorstein erhielt, bestand fast nur aus dem unter No. 2 angeführten Theil, gemengt mit einigen schwarzen Punkten; die aschgraue Hauptmasse fehlte aber gänzlich.

Ich werde das von mir zur Analyse angewandte Stück kurz beschreiben. Es ist im Vergleich mit gewöhnlichen Meteorsteinen weifs, neben weifsen Mineralien aber graulich, kaum merklich in's Grüne fallend. Hie und da sind schwarze Punkte eingesprengt, welche dem Magneten folgen und sich in Salzsäure, ohne Geruch nach Schwefelwasserstoffgas und ohne Gasentwicklung, zu einer dunkelgelben Flüssigkeit auflösen, woraus also folgt, dafs sie aus Eisenoxyduloxyd oder Magneteisenstein bestehen. Es ist übrigens ein Aggregat von Theilen, welche, ohne gerade krystallisirt zu seyn, doch krystallinisches Gefüge haben, und so locker zusammenhängen, dafs der Stein sich mit Leichtigkeit zerbrechen läfst. Die Brocken, die dabei abfallen, gleichen sehr dem zarten Pulver von glasigem Feldspath, was Nordenskiöld auf die Vermuthung brachte, sie seyen Leucit. — Sein Pulver ist rein weifs. Vor dem Löthrohr wird es augenblicklich schwarz, und nach dem Erkalten dunkelroth. Im Uebrigen verhält es sich vor dem Löthrohr ganz wie der Stein von Blansko.

1,22 Grm. des fein geschlemmten Pulvers, aus dem Alles dem Magneten Folgsame vor dem Zerreiben ausgezogen, und welches vor dem Wägen bei +150° C. getrocknet worden war, hinterliefs nach Behandlung erst mit Königswasser und dann mit kohlensaurem Natron 0,07875 Grm. ungelöst. Das Resultat fiel folgendermafsen aus:

	Ganze Masse.	Das Lösliche in Procenten.	Sauerstoffgehalt.	
Kieselerde	0,425	37,411		19,44
Talkerde	0,344	32,922	12,74	19,54
Eisenoxydul	0,325	28,610	6,51	
Manganoxydul	0,009	0,793	0,17	
Thonerde	0,003	0,264	0,12	
Kupferoxyd, Zinnoxyd, Kali und Natron [1])	Spur	Spur		
Unlösliches	0,079			
	1,215	100,000		

1) Der Gehalt an Zinnoxyd war ungefähr der gewöhnliche der

Der Zufall hat mich also zu einer Probe von dem Mineral geführt, welches die Hauptmasse des in Säuren löslichen Bestandtheils der Meteorsteine ausmacht, woraus der Schluſs gezogen werden kann, daſs dieser Bestandtheil ein Silicat von Talkerde und Eisenoxydul ist, wahrscheinlich in variirenden gegenseitigen Verhältnissen, aber in welchem die Kieselerde eben so viel Sauerstoff als die Basen enthält. Der Ueberschuſs in dem letzteren, welcher sich bei der vorgehenden Analyse zeigt, rührt offenbar zum Theil von eingemengtem Schwefeleisen her, welches bei der Analyse oxydirt erhalten wurde; ob aber dabei zugleich Eisenoxyduloxyd oder ein basischeres Silicat vorkommt, lassen meine Versuche unentschieden.

Das hier analysirte Mineral giebt ziemlich ungezwungen die Formel $fS + 2MS$; inzwischen hat man Grund zu vermuthen, daſs das Atomverhältniſs ein zufälliges sey, und daſs der Meteor-Olivin diese isomorphen Silicate in variirenden Verhältnissen enthalte.

Derjenige Theil des Steins von Lontalax, welcher sich nicht in Säure und kohlensaurem Natron löst und 6,37 Procent vom Gewicht des Steins ausmacht, hinterlieſs nach Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure ungefähr 1 Proc. (0,0127 des analysirten Quantums) Chromeisen ungelöst, dessen Verhalten vor dem Löthrohr die Gegenwart von Zinnoxyd darthat. Die Fluſssäure hatte aufgelöst: Talkerde, Kalk, Eisenoxydul, Thonerde und Manganoxydul, in einem Verhältnisse, welches zu zeigen schien, daſs dieses Unlösliche gleiche Zusammensetzung habe, wie das unlösliche Mineral in den vorhergehenden Meteorsteinen.

Meteorsteine; allein der Kupferoxydgehalt war so gering, daſs sich die Reaction desselben schwer vor dem Löthrohr hervorbringen lieſs.

(Schluſs mit nächstem.)

1834. ANNALEN №. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

II. *Ueber die Harze;*
von Heinrich Rose.

Die merkwürdigen Erscheinungen der Isomerie sind unter den sogenannten organischen Körpern weit häufiger beobachtet worden, als unter den unorganischen; es scheint auch, dafs man leichter die Gesetze, nach denen sich isomerische Modificationen einer unorganischen Substanz, bei der geringen Zahl der elementaren Atome derselben, bilden können, auffinden wird, als diefs bei den organischen Substanzen der Fall seyn kann, bei denen die Atomenzahl der elementaren Bestandtheile sehr grofs, und vielleicht noch bedeutender ist, als man sie bis jetzt nach den Analysen annimmt. Es ist indessen auch möglich, dafs gerade diese grofse Atomenzahl der Elemente bei den isomerischen organischen Substanzen zu manchen Aufklärungen über die Gesetze der Isomerie Veranlassung geben kann; in jedem Falle scheinen mir die Untersuchungen der isomerischen organischen Substanzen und ihrer Beziehungen zu anderen Körpern zu den wichtigsten im Felde der organischen Chemie zu gehören.

Zu den interessantesten Arbeiten in dieser Hinsicht gehören unstreitig die Untersuchungen von Blanchet und Sell über die ätherischen Oele[1]). Sie fanden, dafs eine grofse Menge sauerstofffreier ätherischer Oele dieselbe Zusammensetzung haben, und spätere und gleichzeitige Untersuchungen anderer Chemiker haben die Zahl der ätherischen Oele, welche dieselbe Zusammensetzung haben, noch vermehrt. Nach Blanchet und Sell sind folgende ätherische Oele isomerisch: 1) und 2) die bei-

1) Diese Annalen, Bd. XXIX S. 133. — Annalen der Pharmacie, Bd. VI S. 259.

den Oele, aus denen das Terpenthinöl besteht, und die von ihnen *Dadyl* und *Peucyl* genannt worden sind; 3) und 4) die beiden Oele, aus denen das Citronenöl besteht, die sie *Citronyl* und *Citryl* nannten. Zu diesen kann man das Terpenthinöl und Citronenöl selbst rechnen, wenn man sie nicht, wie diefs wohl wahrscheinlich ist, als Gemenge betrachten will. Nach den Untersuchungen von Blanchet mufs zu diesen Oelen noch gerechnet werden 5) das Oel des Copaivabalsams, 6) und 7) die beiden Oele, aus denen das Wacholderbeerenöl besteht, welches aus unreifen Beeren erhalten worden ist [1]. Nach Ettling hat ferner noch dieselbe Zusammensetzung 8) das Oel der Gewürznelken [2], und 9) das Oel der Baldrianwurzel [3], wenn beide von den Säuren getrennt worden sind, mit denen sie verbunden vorkommen.

Von diesen sind die meisten wenigstens keine Mengungen mehrerer Verbindungen, den man hat sie mit Chlorwasserstoff zu krystallinischen Substanzen verbunden, von denen einige häufig untersucht worden sind. Aber ihre Verbindungen mit Sauerstoff sind weniger untersucht worden, als sie es ihrer Wichtigkeit nach verdienen, da sie zum Theil zu den verbreitetsten Harzen gehören.

Blanchet und Sell haben das Kolophonium untersucht, und gefunden, dafs es als ein Oxyd des Terpenthinöls betrachtet werden könne. Da aber nach den Untersuchungen von Unverdorben und von Ries das Kolophonium aus zwei Harzen besteht, von denen das eine im krystallinischen Zustand erhalten werden kann, so betrachten sie das Kolophonium als eine Mengung isomerischer Harze.

1) Ann. d. Pharmac. Bd. VII S. 154. (Siehe d. folgend. Aufsatz.)

2) Ebendaselbst, Bd. IX S. 68. (Diese Ann. Bd. XXXI S. 526.)

3) Nach einer Bemerkung von Liebig in den Annalen der Pharmacie, Bd. IX S. 40.

Man hat außer dem krystallisirbaren Harze im Kolophonium noch mehrere im krystallisirten Zustande erhalten; die Untersuchung dieser ist von besonderem Interesse, da sie reine Verbindungen sind und nicht aus einer Mengung mehrerer bestehen.

Da nun die Harze im Allgemeinen aus den ätherischen Oelen durch Oxydation zu entstehen scheinen, so schien es mir wichtig, zu untersuchen, wie sich die aus isomeren Oelen entstandenen Harze in ihrer Zusammensetzung zu einander verhielten. Diese Untersuchung konnte weiter ausgedehnt werden, als die der ätherischen Oele selbst, da die meisten von den durch die Oele gebildeten Harze, wie diefs Unverdorben schon vor längerer Zeit gezeigt hat, sich wie Säuren verhalten, und sich mit unorganischen Basen zu salzartigen Verbindungen verbinden können.

Aber aufser den Harzen, welche sich wie Säuren verhalten, giebt es andere, von denen mehrere auch krystallisirt erhalten werden können, denen die Eigenschaften einer Säure ganz fehlen. Ich habe mit krystallisirten Harzen aus beiden Klassen einige Untersuchungen angestellt, die freilich vervielfältigt hätten werden können, deren Resultate ich aber hier mittheilen will.

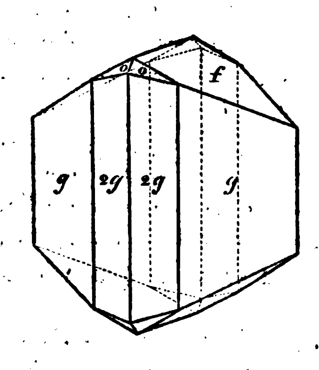
Harze, welche die Eigenschaften von Säuren haben.

Harz aus dem Copaivabalsam.

Kein Harz kann in so schönen Krystallen erhalten werden, wie diefs, dessen Bereitung im krystallisirten Zustande Schweitzer lehrte, der zuerst glaubte, dafs es aus einer Verbindung von Copaivaharz mit Ammoniak bestände [1]), später aber fand, dafs das Ammoniak ihm nur durch die Bereitung anhänge, und dafs blofses Umkrystallisiren in Alkohol hinreiche, um das Harz im rei-

1) Diese Annalen, Bd. XVII S. 487.

nen Zustand zu erhalten [1]). Mein Bruder hat im Folgenden die Krystalle beschrieben. Sie sind, wie er diefs schon früher angegeben hat [2]), 1- und 1-axig; die Krystalle, welche er früher durch Hrn. Schweitzer erhielt, hatten jedoch nicht so ausgebildete und glatte Flächen, dafs sie sich mit so grofser Genauigkeit bestimmen liefsen, wie es möglich ist. Sie haben die nebenstehende Form, und sind Combinationen zweier geschobener 4seitiger verticaler Prismen g und $2g$ eines horizontalen Prisma's f und eines Rhombenoctaëders o. Die Flächen g bilden nur ein sehr wenig geschobenes Prisma, die Flächen $2g$ erscheinen als Zuschärfungsflächen der stumpfen Seitenkanten desselben.



Die Flächen f bilden eine Zuschärfung des Endes, die auf die scharfen Seitenkanten des Prisma's g aufgesetzt ist, die Flächen o bilden mit den Flächen f parallele, und wenn sie so grofs sind, dafs sie die Flächen g schneiden, mit diesen horizontale Kanten. Die längeren Diagonalen des rechtwinkligen Querschnitts der verticalen Prismen von g und $2g$ verhalten sich bei gleichen kürzeren Diagonalen wie 1 : 2. Die hauptsächlichsten Winkel sind folgende:

$o : o = 131^\circ\ 11'$
$o : o' = 130\ \ 52$ (schärfere Endkante)
$o : f = 155\ \ 26$
$f : f = 125\ \ 57$
$g : g = 90\ \ 21$
$2g : 2g = 127\ \ 9$
$2g : g = 161\ \ 36$
$o : g = 126\ \ 6.$

1) Diese Annalen, Bd. XXI S. 172.
2) Ebendaselbst, Bd. XVII S. 489.

Die Neigungen von *o* gegen *o* und von *o* gegen *f* sind die, welche gemessen und wonach die übrigen berechnet sind. Die Flächen *g* sind gewöhnlich vertical gestreift, die übrigen Flächen aber glatt und glänzend, und recht gut meſsbar; besonders bei den kleineren Krystallen, weniger bei den gröſseren, die zuweilen einen Zoll lang sind. Parallel den Flächen 2*g* finden sich Spuren von Spaltungsflächen, die indessen bei der groſsen Weichheit der Krystalle schwer zu erhalten sind. Die Krystalle sind rein weiſs, die kleineren durchsichtig, die gröſseren nur durchscheinend oder an den Kanten durchscheinend; sie sind sehr weich.

Das krystallisirte Harz ist im kochenden starken Alkohol auflöslicher als im kalten; es scheidet sich daher als Krystalle aus der kochenden alkoholischen Auflösung aus. Die spirituöse Auflösung röthet das Lackmuspapier. Das Harz verbindet sich mit unorganischen Basen, und diese Verbindungen haben alle Eigenschaften von Salzen.

0,509 Grm. vom krystallisirten Harze wurden vermittelst Kupferoxyds im Liebig'schen Apparate zersetzt. Sie gaben 0,464 Grm. Wasser und 1,459 Grm. Kohlensäure. Die Zusammensetzung desselben im Hundert ist daher:

Kohle	79,26
Wasserstoff	10,15
Sauerstoff	10,59
	100,00.

Diese Zusammensetzung stimmt aber mit der überein, welche Blanchet und Sell vom Kolophonium gefunden haben, in welchem nach ihnen 79,65 Kohle, 10,08 Wasserstoff und 10,27 Sauerstoff enthalten sind. Das Kolophonium ist ein Oxyd des Terpenthinöls; da die Zusammensetzung des letzteren mit der des ätherischen Copaivaöls nach Blanchet übereinstimmt, so kann das krystallisirte Copaivaharz als ein Oxyd dieses Oels betrachtet werden. Wir sehen also, daſs isomerische Körper,

wenn sie oxydirt werden, isomerische Oxyde geben können.

Die Zusammensetzung des Copaivaharzes kann wie die des Colophoniums durch die Formel $10C+16H+O$ ausgedrückt werden; nach dieser berechnet, würde es bestehen aus: Kohle 79,275, Wasserstoff 10,355, Sauerstoff 10,37.

Wird die Auflösung des Copaivaharzes in Alkohol mit Ammoniak versetzt, so entsteht, wie in den Auflösungen der sauren Harze im Allgemeinen, keine Fällung. Ist aus der Auflösung das Harz durch Wasser gefällt worden, so wird der Niederschlag durch hinzugefügtes Ammoniak leicht aufgelöst. Eine Auflösung von Kali in Alkohol bringt mit der alkoholischen Auflösung des Harzes keine Trübung hervor. Eben so können sich eine spirituöse Auflösung vom Harze und eine concentrirte wäſsrige von Kali in allen Verhältnissen vermischen, ohne sich zu trüben, setzt man aber mehr Wasser hinzu, so scheidet sich bei einem Ueberschuſs von Kali das Harzkali aus.

Eine spirituöse Auflösung des Harzes wird durch eine spirituöse Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd nicht getrübt. Fügt man indessen etwas Ammoniak hinzu, so schlägt sich eine Verbindung von Harz und Silberoxyd nieder, die in mehr hinzugefügtem Ammoniak vollkommen auflöslich ist. Die Auflösung des Harzes verhält sich also gegen eine Silberoxydauflösung ganz wie eine Säure gegen dieselbe, welche mit diesem Oxyde schwer- oder unlösliche Verbindungen hervorbringt, die in freier Säure und in freiem Ammoniak auflöslich sind. — Der Niederschlag ist krystallinisch, und behält auch seine krystallinische Strucktur nach dem Trocknen bei. Er ist nicht unlöslich, sondern nur schwerlöslich in Alkohol. Durch die Einwirkung des Lichts wird er wie andere Silberoxydsalze gebräunt. Bei gelinder Hitze schmilzt er wie ein Harz, bei erhöhter zersetzt er sich, und hinterläſst, nach Verbrennung der Kohle, Silber.

In drei Versuchen erhielt ich aus Quantitäten, die zu verschiedenen Zeiten bereitet worden wären, durch Verbrennung folgende Mengen Silber:

I. 0,308 Grm. der Verbindung gaben 0,081 Grm. Silber
II. 0,321 - - - - 0,082 - -
III. 0,376 - - - - 0,096 - -

Hiernach besteht die Verbindung im Hundert aus:

	I.	II.	III.
Silberoxyd	28,25	27,41	27,40
Harz	71,75	72,59	72,60
	100,00	100,00	100,00.

Verbindet sich das Harz unzersetzt mit dem Silberoxyde, so enthält es in dieser Verbindung vier Mal so viel Sauerstoff als das Oxyd, denn in den angeführten Mengen von Silberoxyd ist im Mittel 1,9 Sauerstoff und im Harze 7,5 Sauerstoff enthalten. Eine Verbindung von Harz und Silberoxyd, in welcher die Sauerstoffmengen sich wie 4 : 1 verhalten, würde der Berechnung nach im Hundert enthalten: 28,42 Silberoxyd und 71,58 Harz. Hiermit stimmt das Resultat des ersten Versuches überein; bei den anderen war mit der Verbindung wahrscheinlich etwas Harz gefällt worden.

0,3575 Grm. Silberoxydharz, von der Menge, die zum dritten Versuch angewandt worden war, die also 0,2575 Grm. Harz enthielten, gaben bei der Verbrennung mit Kupferoxyd 0,243 Grm. Wasser und 0,757 Grm. Kohlensäure; entsprechend 10,40 Proc. Wasserstoff und 80,65 Proc. Kohle. — Es geht aus diesem Versuche hervor, dafs sich das Harz ohne Zersetzung mit dem Silberoxyd verbindet.

In der spirituösen Auflösung des Copaivaharzes entsteht durch eine spirituöse Auflösung von essigsaurem Bleioxyd sogleich ein starker Niederschlag einer Verbindung von Copaivaharz und Bleioxyd. Der Niederschlag ist minder krystallinisch, als der der Verbindung

des Harzes mit Silberoxyd. Getrocknet erhitzt, schmilzt er wie ein Harz. Er wurde durch vorsichtige Verbrennung an der Luft analysirt, wodurch ein Gemenge von Bleioxyd und Blei zurückbleibt, von welchen das erstere durch verdünnte Essigsäure aufgelöst wurde.

In zwei Versuchen wurden erhalten:

I. aus 0,455 Grm. d. Verbind. 0,074 Grm. Bleioxyd u. 0,048 Grm. Blei
II. - 0,5755 - - - 0,0415 - - - 0,108 - - -

Hiernach besteht die Verbindung im Hundert aus:

	I.	II.
Bleioxyd	27,63	27,42
Harz	72,37	72,58
	100,00	100,00.

Auch in dieser Verbindung ist im Harze vier Mal so viel Sauerstoff, als in der Base. Eine Verbindung von Copaivaharz und Bleioxyd, in welcher sich die Sauerstoffmengen wie 4 : 1 verhalten, würde der Berechnung nach im Hundert enthalten: 26,56 Bleioxyd und 73,44 Harz. Die Menge des Harzes in den untersuchten Quantitäten der Verbindung ist wohl deshalb etwas geringer als sie der Rechnung nach seyn sollte, weil sich aus einer spirituösen Auflösung von essigsaurem Bleioxyd leicht etwas kohlensaures Bleioxyd ausscheidet, wenn der Zutritt der atmosphärischen Luft nicht vollkommen abgehalten wird.

Eine spirituöse Auflösung des Copaivaharzes giebt mit einer Auflösung von Chlorcalcium in Alkohol keinen Niederschlag. Werden die Flüssigkeiten mit Wasser verdünnt, so scheidet sich ein weifser Niederschlag ab, der nicht aus reinem Harze besteht, weil er sich nicht in Ammoniak auflöst. Aus diesem Niederschlage kann indessen durch Waschen mit vielem Wasser der Kalkerdegehalt ausgewaschen werden. — Eine beständigere Verbindung von Copaivaharz und Kalkerde erhält man, wenn man zu den spirituösen Auflösungen von Copaivaharz und Chlorcalcium, letztere Auflösung im Ueberschufs hinzuge-

fügt, etwas Ammonik setzt, und den entstandenen Niederschlag in einer verkorkten Flasche sich absetzen läſst, damit er nicht mit kohlensaurer Kalkerde verunreinigt werde. Man muſs ihn darauf gegen den Zutritt der Luft geschützt filtriren, und süſst ihn dann so lange mit Wasser aus, bis dieses nicht mehr auf Kalkerde reagirt.

0,4195 Grm. von diesem Niederschlage wurden vorsichtig geglüht; der geglühte Rückstand mit kohlensaurer Ammoniakauflösung auf die bekannte Art behandelt, wog 0,062 Grm., und bestand aus kohlensaurer Kalkerde.

Hiernach besteht die Verbindung des Harzes mit Kalkerde im Hundert aus:

Kalkerde	8,32
Harz	91,68
	100,00.

Diese Verbindung ist mit der früher beschriebenen analog zusammengesetzt; der Sauerstoffgehalt in der Base ist $\frac{1}{4}$ von dem im Harze. Der Berechnung nach würde eine solche Verbindung von Copaivaharz und Kalkerde enthalten: 8,45 Proc. Kalkerde und 91,55 Proc. Copaivaharz.

Da die drei beschriebenen und untersuchten Verbindungen des Copaivaharzes mit dem Silberoxyd, dem Bleioxyd und der Kalkerde ganz analog zusammengesetzt sind, obgleich sie auf verschiedene Weise bereitet wurden, so scheint das Copaivaharz nur eine Reihe von salzartigen Verbindungen mit den Basen zu bilden, in welchen der Sauerstoffgehalt im Harze vier Mal so groſs ist als der der Base. Es scheint hieraus zu folgen, daſs das Atomengewicht des Harzes vier Mal gröſser ist, als man es nach der oben angegebenen Formel annehmen kann. Die richtige Formel für die Zusammensetzung des Harzes ist also nicht: $10C + 16H + O$, sondern $40C + 64H + 4O$. Es scheint mir indessen zweckmäſsig, und vielleicht auch

richtiger, letztere Formel in folgende: $4(10C+16H)+4O$ umzuwandeln.

Krystallisirbares Harz aus dem Kolophonium.

Dieses Harz ist im krystallisirten Zustande von Riefs und von Unverdorben dargestellt worden [1]; letzterer besonders hat seine Darstellung, Eigenschaften und Verbindungen umständlich beschrieben. Er nennt es, da es alle Eigenschaften einer Säure besitzt, Silvinsäure; Berzelius nennt es Harz beta des Terpenthins, indem er das nicht krystallisirbare Harz in demselben Harz alpha nennt.

Ich habe nicht so deutliche Krystalle dieses Harzes erhalten können, dafs die Form derselben hätte bestimmt werden können. Ich habe mehr krystallinische Massen bekommen, als Krystalle. In jedem Fall krystallisirt dieses Harz bei weitem schwieriger als das Copaivaharz.

Die Auflösung dieses Harzes in Alkohol röthet, wie die des Copaivaharzes, das Lackmuspapier, und hat eben so wie dieses alle Eigenschaften einer Säure, indem es mit unorganischen Basen salzartige Verbindungen bildet.

0,538 Grm. des krystallisirten Harzes gaben mit Kupferoxyd zersetzt: 0,481 Grm. Wasser und 1,540 Grm. Kohlensäure. Die Zusammensetzung des Harzes im Hundert ist daher:

Kohle	79,15
Wasserstoff	9,93
Sauerstoff	10,92
	100,00.

Die Auflösung des Harzes in Alkohol wird durch Ammoniakflüssigkeit nicht getrübt. Es wird auch durch diese das Harz leicht aufgelöst, wenn es aus seiner alkoholischen Auflösung durch Wasser gefällt worden ist. Auflösungen des Harzes und von Kali in Alkohol trüben

1) Diese Annalen, Bd. XI S. 393.

sich nicht. Wird eine spirituöse Auflösung des Harzes durch Wasser gefällt, so löst eine wäfsrige Auflösung von Kali die Fällung auf; durch eine gröfsere Menge von Kali und Wasser aber scheidet sich die Verbindung des Harzes mit Kali, die im überschüssigen Kali schwer löslich ist, ab.

Die Auflösung des Harzes in Alkohol wird wie die des Copaivaharzes durch eine spirituöse Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd nicht getrübt; durch etwas hinzugefügtes Ammoniak wird aber die Verbindung des Harzes mit Silberoxyd gefällt. Mehr Ammoniak löst dieselbe auf. — Der Niederschlag ist nicht so krystallinisch, wie der der Verbindung des Copaivaharzes mit Silberoxyd, sondern pulvrig, aber nicht unlöslich in Alkohol.

0,321 Grm. der Silberoxydverbindung gaben nach der Verbrennung beim Zutritt der Luft 0,0835 Grm. Silber, Nach diesem Versuche besteht sie im Hundert aus:

Silberoxyd	27,95
Harz	72,05
	100,00.

Nach diesen Versuchen hat daher das krystallisirbare Harz des Kolophoniums nicht nur dieselbe Zusammensetzung, wie die des Copaivaharzes, sondern beide haben auch, als Säuren betrachtet, ganz dieselbe Sättigungscapacität. Sie stehen also zu einander in demselben Verhältnifs wie die Weinsteinsäure und die Traubensäure; ähneln sich indessen dadurch noch mehr, dafs sie beide ohne Krystallwasser erhalten werden, während die Weinsteinsäure sich von der Traubensäure im krystallisirten Zustande durch einen geringeren Gehalt von Krystallisationswasser unterscheidet.

Das Harz, welches zu diesen Versuchen angewandt wurde, war krystallisirt und sehr rein. Als ich früher aus einem minder krystallinischen Harze die Verbindung mit Silberoxyd auf die oben beschriebene Weise darge-

stellt hatte, fand ich dasselbe anders zusammengesetzt. Ich erhielt in zwei Versuchen aus einer Menge der Verbindung von 0,432 Grm. 0,0935 Grm. Silber; und aus 0,365 Grm. der Verbindung 0,082 Grm. Silber. Hiernach wäre die Verbindung im Hundert zusammengesetzt aus:

	I.	II.
Silberoxyd	24,11	23,26
Harz	75,89	76,74
	100,00	100,00.

Dieses Verhältnifs der Bestandtheile, besonders das im zweiten Versuche gefundene, entspricht einer Verbindung, in welcher das Harz 5 Mal und nicht 4 Mal so viel Sauerstoff enthält als die Base; denn eine solche würde der Berechnung nach aus 23,15 Silberoxyd und 76,85 Harz bestehen. Ich kann jetzt nicht mit Bestimmtheit erklären, durch welchen Umstand in der dargestellten und untersuchten Verbindung die Menge des Harzes bedeutender geworden ist, als in allen übrigen. Ich habe nicht nur eine solche Verbindung nicht wieder darstellen können, sondern auch vergeblich eine analoge Verbindung vom krystallisirten Harz des Kolophoniums mit Bleioxyd zu bereiten gesucht. Ich mufs vermuthen, dafs bei der Bereitung und Aussüfsung vielleicht ein zu wäfsriger Alkohol angewandt worden war. Ich habe übrigens die übriggebliebene Menge der Verbindung vermittelst Kupferoxyd analysirt, und, wenn die Menge Harz darin zu 76,74 Procent angenommen wurde, so erhielt ich für dasselbe genau die Zusammensetzung, wie sie sich aus der unmittelbaren Analyse des Harzes vermittelst Kupferoxyds ergab.

Die Auflösung des krystallisirten Harzes in Alkohol giebt sogleich einen Niederschlag, wenn sie mit einer spirituösen Auflösung von essigsaurem Bleioxyd vermischt wird. Die Verbindung von Harz mit Bleioxyd kann mit

Spiritus lange und anhaltend ausgewaschen werden, da sie darin nicht löslich ist. Sie bildet ein weifses nicht krystallinisches Pulver, das bei gelinder Hitze wie ein Harz schmilzt.

Ich habe diese Verbindung vier Mal dargestellt, und dabei die Darstellungsart etwas abgeändert, um zu sehen, ob ich auf die eine oder die andere Weise bei der Analyse ein anderes Verhältnifs der Bestandtheile erhalten könnte. Die Analyse wurde wie die der Verbindung des Copaivaharzes mit Bleioxyd angestelllt. Ich erhielt aus:

I.	0,501 Grm.	0,041 Bleioxyd	und	0,0895	Blei
II.	0,274 -	0,0195 -	-	0,048	-
III.	0,549 -	0,024 -	-	0,117	-
IV.	0,296 -	0,021 -	-	0,055	-

Hiernach besteht die Verbindung des krystallisirten Harzes des Kolophoniums im Hundert aus:

	I.	II.	III.	IV.
Bleioxyd	27,425	26,00	27,32	27,03
Harz	72,575	74,00	72,68	72,97
	100,000	100,00	100,00	100,00.

Man sieht, dafs diese Verbindung gerade eben so zusammengesetzt ist, wie die der Verbindung des Copaivaharzes mit Bleioxyd. Auch sie enthält bei den meisten Bereitungen etwas mehr Bleioxyd, als eine Verbindung, die in der Base nur $\frac{1}{4}$ so viel Sauerstoff als im Harze hat, aus Gründen, die oben schon angegeben sind.

Unkrystallisirbares Harz aus dem Kolophonium.

Unverdorben nennt dieses Harz *Pininsäure*, Berzelius Harz alpha des Terpenthins.

Obgleich dieses Harz nicht krystallisirt erhalten werden kann, so stellte ich doch einige Versuche mit demselben in der Absicht an, weniger um seine Zusammensetzung als vielmehr seine Sättigungscapacität zu untersuchen.

Die Auflösung des Harzes in Alkohol verhält sich

im Ganzen, wie die des krystallisirten Harzes des Kolophoniums.

Die Verbindung mit Bleioxyd ist unlöslich in Spiritus, und kann daher leicht vollständig durch denselben ausgesüfst werden. Sie wird wie die entsprechende aus dem krystallisirbaren Harze bereitet.

0,6255 Grm. der Bleioxydverbindung gaben bei der Analyse 0,0275 Grm. Bleioxyd und 0,133 Grm. Blei. Sie besteht daher im Hundert aus:

Bleioxyd	27,31
Harz	72,69
	100,00.

Die Bleioxydverbindung mit Kupferoxyd analysirt gab genau dieselbe Zusammensetzung des Harzes wie die des Copaivaharzes und des krystallisirten Harzes aus dem Kolophonium.

Allgemeine Bemerkungen über die sauren Harze.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dafs die Harze, die durch Oxydation isomerischer aetherischer Oele entstehen, nicht nur ebenfalls isomerisch sind, sondern auch, als Säuren betrachtet, dieselbe Sättigungscapacität gegen Basen besitzen. — Blanchet und Sell haben gefunden, dafs die isomerischen sauerstofffreien ätherischen Oele sich mit Chlorwasserstoffsäure theils in denselben, theils auch in einem anderen Verhältnisse verbinden.

Es schien mir interessant, die specifischen Gewichte der isomerischen Harze mit einander zu vergleichen. Blanchet und Sell haben die specifischen Gewichte der verschiedenen isomerischen ätherischen Oele wenig verschieden von einander gefunden; so dafs die Unterschiede recht gut für Beobachtungsfehler gehalten werden können, zumal da sie nicht immer die Tempera-

tur angegeben haben, bei der die Gewichte genommen wurden, und da wo es geschehen die Temperaturen sehr verschieden von einander waren. Sie fanden das specifische Gewicht aller isomerischer Oele zwischen 0,86 bis 0,88; Blanchet nur fand das Gewicht des flüchtigeren Wacholderbeerenöls 0,839, was freilich sehr von dem aller übrigen Oele abweichen würde, wenn nicht etwa diese Zahl ein Druckfehler wäre.

Es läfst sich durchaus kein Grund finden, durch welchen man a priori das specifische Gewicht von zwei isomerischen Substanzen beurtheilen kann. In beiden kann die Lage der elementaren Atome, bei gleicher oder nicht gleicher Entfernung von einander, verschieden seyn, wodurch in dem einen Falle ein gleiches, im anderen ein verschiedenes specifisches Gewicht bei vollkommen gleicher chemischer Zusammensetzung erfolgen würde. Der erste Fall findet bei den zwei Arten von Phosphorwasserstoffgas, und sehr wahrscheinlich auch bei den isomerischen sauerstofffreien ätherischen Oelen statt; der zweite Fall scheint aber bei den isomerischen sauren Harzen statt zu finden.

Ich habe nur in dieser Hinsicht Versuche zwischen dem krystallisirten Copaivaharze und dem krystallisirten Harze aus dem Kolophonium angestellt; hierbei aber bedeutende Schwierigkeiten gefunden, besonders da ich diese Substanzen nicht im geschmolzenen Zustande anwenden wollte. Nachdem ich indessen diese Schwierigkeiten so viel wie möglich überwunden, fand ich beim Wägen sonderbare Anomalien, die ich, wenigstens jetzt, noch nicht zu erklären wage. Ich kann indessen mit ziemlicher Sicherheit behaupten, dafs das specifische Gewicht des krystallisirten Copaivaharzes um 0,05 gröfser sey, als das des krystallisirten Harzes aus dem Kolophonium.

Ein noch gröfserer Unterschied findet im specifischen Gewichte der Weinsteinsäure und Traubensäure statt, welche bei gleicher Zusammensetzung wie die sauren Harze

auch gleiche Sättigungscapacität gegen Basen zeigen. Im freien Zustande kann das specifische Gewicht beider nicht mit einander verglichen werden, da die Traubensäure im krystallisirten Zustande noch einmal so viel Wasser enthält als die Weinsteinsäure. Aber ihre Verbindungen mit Bleioxyd können wasserfrei dargestellt werden, und da beide gleich zusammengesetzt sind, so lassen sich die specifischen Gewichte beider sehr gut vergleichen. Ich fand bei 19° C. das specifische Gewicht des weinsteinsauren Bleioxyds 3,871 und das des traubensauren Bleioxyds 2,530. Aber bei letzterer Angabe findet eine Unsicherheit statt, indem es möglich ist, dafs das traubensaure Bleioxyd beim Wägen unter Wasser Krystallwasser anzieht. Es läfst sich wenigstens bei weiten schwerer trocknen als das weinsteinsaure Bleioxyd, und durch die Analyse erhielt ich eine geringe Menge Bleioxyd weniger, als ich erhalten sollte, während mir das weinsteinsaure Bleioxyd ganz dieselbe Menge von Bleioxyd gab, wie sie Berzelius bei seinen Analysen erhalten hatte.

Betrachtet man die untersuchten Harze als Säuren, so unterscheiden sie sich von den meisten bekannten Säuren organischen Ursprungs durch einen Mangel an Krystallisationswasser. Bekanntlich ist es bis jetzt nicht geglückt sehr viele organische und mehrere von den sogenannten unorganischen Säuren auf eine andere Weise wasserfrei darzustellen, als in Verbindung mit Basen. — Unverdorben hält zwar die Silvinsäure für ein Hydrat; es steht diefs aber mit meinen Erfahrungen im Widerspruch.

Auch alle von mir untersuchten Verbindungen der sauren Harze mit Basen enthalten kein Krystallisationswasser. Sind sie mit Weingeist ausgesüfst worden, so können sie leicht getrocknet werden, und sind im feinsten pulverförmigen Zustand nicht hygroscopisch.

Bei der Verbindung der Harze mit Basen werden beide in ihrer Zusammensetzung nicht verändert, und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den fetten Säuren, die bekanntlich Wasser enthalten.

Man hat häufig das Verwandeln der ätherischen Oele in Harze mit dem der Fette in fette Säuren verglichen. Nach den angeführten Versuchen fällt indessen jede Analogie fort. Allerdings wird durch's Oxydiren der Fette an der Luft eine geringe Menge von fetten Säuren gebildet, aber aufser diesen bilden sich noch andere Producte, während die Umänderung der ätherischen Oele in Harze eine bloſse Folge der Oxydation des Oels durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft ist.

Harze, welche nicht die Eigenschaften von Säuren haben.

Von diesen will ich hier nur von einer gewissen Abtheilung von krystallinischen Harzen reden, die von Bonastre, der mehrere von ihnen zuerst darstellte, Sous-résines (Halbharze) genannt worden sind, und sich dadurch besonders unterscheiden, daſs sie schwerlöslicher im Weingeiste sind, als andere Harze, und sich zum Theil aus einer heiſsen alkoholischen Auflösung ausscheiden. Die Zusammensetzung derselben steht in einem bestimmten Zusammenhange mit der der beschriebenen untersuchten Harze.

Krystallinisches Harz aus Elemi.

Wenn Elemiharz mit kaltem Weingeist behandelt wird, und man das zurückbleibende Harz mit kochendem Weingeist behandelt, so kann man durch freiwilliges Verdampfen derselben eine bedeutende Menge von krystallinischem Harze erhalten, das durch erneutes Auflösen im kochenden Alkohol gereinigt wird. Man erhält wohl $\frac{1}{3}$ davon von der angewandten Menge Elemi. — Das Harz erhält man in sehr undeutlichen krystallinischen

Massen, so dafs es unmöglich ist, die Form derselben zu bestimmen.

Das Harz ist von rein weifser Farbe; es löst sich in kochendem starken Alkohol vollkommen auf; die Auflösung läfst gebläutes und geröthetes Lackmuspapier unverändert. Die heifse Auflösung opalisirt beim Erkalten durch Ausscheidung eines Theils des Harzes; nach einigen Tagen hat sich indessen das Ausgeschiedene als flockige krystallinische Masse abgesondert.

Die weingeistige Auflösung des Harzes wird durch eine spirituöse Auflösung von Kali nicht getrübt; eine wäfsrige hingegen scheidet das Harz aus, als eine weifse Masse, die etwas gelatinöser ist, als die, welche aus der spirituösen Harzauflösung durch Wasser ausgeschieden wird.

Ammoniakflüssigkeit zu der spirituösen Auflösung des Harzes gegossen, verwandelt dieselbe in eine nicht sehr steife weifse Gallerte.

Spirituöse Auflösungen von essigsaurem Bleioxyd und von salpetersaurem Silberoxyd bringen in der weingeistigen Auflösung des Harzes keine Fällungen hervor; auch nicht wenn zu der mit der Silberoxydauflösung vermischten Auflösung des Harzes ein Tropfen Ammoniak hinzugefügt wird; die geringe Trübung, die dadurch entsteht, ist Harz, das sich durch Umschütteln in der weingeistigen Flüssigkeit wiederum auflöst.

Wird dieses Harz destillirt, so geht zuerst ein angenehm riechender bräunlicher Balsam über, der Lackmuspapier röthet. Bei stärkerer Hitze wird derselbe brauner, riecht unangenehmer, röthet aber immer Lackmuspapier. Es zeigt sich keine wäfsrige Flüssigkeit, und es bleibt nur eine geringe Menge Kohle in der Retorte zurück.

I. 0,557 Grm. des Harzes mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 0,5685 Grm. Wasser und 1,677 Grm. Kohlensäure.

II. 0,7635 Grm. gaben 0,7735 Grm. Wasser und 2,288 Grm. Kohlensäure.

III. 0,581 Grm. gaben 0,581 Grm. Wasser und 1,729 Grm. Kohlensäure.

Hiernach ist die Zusammensetzung im Hundert:

	I.	II.	III.
Kohle	83,25	82,85	82,29
Wasserstoff	11,34	11,24	11,11
Sauerstoff	5,41	5,91	6,60
	100,00	100,00	100,00.

Das Resultat des ersten Versuchs stimmt sehr gut mit einer berechneten Zusammensetzung einer Verbindung die so zusammengesetzt wäre, wie die früher erwähnten Harze, aber nur halb so viel Sauerstoff enthält, wie diese. Eine solche würde im Hundert zusammengesetzt seyn aus: 83,61 Kohle, 10,91 Wasserstoff und 5,47 Sauerstoff. Diese Zusammensetzung würde man durch die Formel $2(10C + 16H) + O$ ausdrücken können. Man würde dadurch zugleich bezeichnen, dafs dieses Harz eine niedrigere Oxydationsstufe des Radicals wäre, dessen höhere Oxydationsstufen die sauren Harze sind.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend habe ich einige Versuche mit diesem Harze angestellt, um zu sehen, ob ihm basische Eigenschaften zukämen. Es nimmt aber nichts von trocknem Chlorwasserstoffgas auf, wenn diefs über das Harz geleitet wird; eben so wenig verbindet es sich mit Säuren, wenn die weingeistige Auflösung damit behandelt wird. Die Eigenschaft, mit Ammoniak eine Gallerte zu bilden, welche wohl eine Verbindung des Harzes mit Ammoniak seyn kann, deutet im Gegentheil darauf hin, dafs es mehr die Rolle einer schwachen Säure als die einer Base spielt.

Krystallinisches Harz aus Euphorbium.

Es wird auf ähnliche Weise wie das krystallinische Elemiharz gewonnen; man erhält davon etwas weniger als von diesem. Ungeachtet es vielmals durch Auflösung im kochenden Alkohol gereinigt wurde, so konnte es doch nicht ganz so weifs wie das Elemiharz erhalten werden. Die Krystalle des Harzes können unmöglich der Form nach bestimmt werden.

Das Harz löst sich leichter in Alkohol, als das Elemiharz. Die Auflösung schmeckt höchst unbedeutend scharf.

Die Auflösung des Harzes in Alkohol läfst Lackmuspapier unverändert. Sie opalisirt nicht, wenn sie gesättigt ist, beim Erkalten, wie die des Elemiharzes, sondern scheidet sehr bald warzenförmige Krystallgruppen von Harz ab.

Von Ammoniak wird die Auflösung sogleich weifs getrübt; doch scheidet sich das Harz nicht gallertartig ab, wie das Elemiharz unter ähnlichen Umständen. Eine alkoholische Auflösung von Kali trübt nicht die Auflösung des Harzes, wohl aber eine wäfsrige.

Auflösungen von essigsaurem Bleioxyd und von salpetersaurem Silberoxyd fällen die Auflösungen des Harzes nicht; auch nicht wenn zu der Silberoxydauflösung ein Tropfen Ammoniak hinzugefügt wird.

Bei der trocknen Destillation verhält es sich ähnlich wie das Elemiharz; der braune Balsam, der dadurch erzeugt wird, röthet das Lackmuspapier.

I. 0,484 Grm. des Harzes mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 0,494 Wasser und 1,426 Grm. Kohlensäure.

II. 0,397 Grm. gaben 0,406 Grm. Wasser und 1,173 Grm. Kohlensäure.

Hiernach ist die Zusammensetzung des Harzes im Hundert:

	I.	II.
Kohle	81,47	81,70
Wasserstoff	11,33	11,36
Sauerstoff	7,20	6,94
	100,00	100,00.

Ich halte es für wahrscheinlich, dafs dieses Harz isomerisch sey mit dem krystallinischen Elemiharze, und dafs der Unterschied in der Zusammensetzung davon herrühre, dafs in dem krystallinischen Euphorbiumharze noch eine geringe Menge eines fremdartigen Körpers enthalten sey, die sich nicht füglich durch mehrmaliges Umkrystallisiren abscheiden läfst.

III. *Darstellung und Zerlegung einiger ätherischen Oele; von R. Blanchet.*

Im Band XXIX dieser Annalen, S. 133, haben wir auszugsweise die viel umfassende Untersuchung der Herren Blanchet und Sell über die Zusammensetzung ätherischer Oele mitgetheilt; das Folgende ist der wesentliche Inhalt einer von dem ersteren dieser Chemiker unternommenen und in den Annalen der Pharmacie, Bd. VII S. 154, bekannt gemachten Fortsetzung dieser verdienstlichen Arbeit.

Rosenöl. Von einem bei +26° C. gestehenden Rosenöl, das im zertheilten Zustande sehr angenehm roch und überhaupt alle Eigenschaften des ächten persischen besafs, wurden 0,508 mit Kupferoxyd verbrannt und dadurch 1,380 Kohlensäure und 0,555 Wasser erhalten. Die Resultate dieser Analyse, zusammengestellt mit denen der früheren von Saussure und Göbel, sind hiernach:

	Blanchet.	Saussure.	Göbel.
Kohlenstoff	75,11	82,05	69,66
Wasserstoff	12,13	13,12	16,06
Sauerstoff	12,76	3,95	14,28
Stickstoff		0,88	
	100,00	100,00	100,00.

Durch Weingeist liefs sich dieses Oel zerlegen in etwa gleiche Theile Stearopten und Eläopten, welches letztere, wie bei anderen ätherischen Oelen, aus seiner Lösung in Alkohol nicht durch Wasser gefällt ward, und zufolge der unten stehenden Analyse des Stearoptens etwa 24 Procent Sauerstoff enthalten mufste.

Rosenölstearopten, dargestellt durch Vermischung jenes Rosenöls mit drei Theilen Weingeist von 33° B., Auflösung des krystallinisch abgeschiedenen Stearoptens in Aether, Fällung desselben mit Weingeist, und fernere Befreiung vom noch anhängenden Eläopten durch fortgesetztes Waschen, war völlig weifs, roch wenig nach Rosenöl, zeigte sich bei +25° C. butterartig krystallinisch, schmolz bei +35° C., gestand wieder bei +34° C., siedete bei 280° bis 300° C., roch dann, ohne eine Veränderung erlitten zu haben, wie ein kochendes fettes Oel, und schmolz wieder bei 35°; es brannte bei sehr hoher Temperatur mit heller, nicht rufsender Flamme wie ölbildendes Gas, war schwer in Alkohol und leicht in Aether löslich.

0,338 desselben, mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 1,005 Kohlensäure und 0,438 Wasser. Darnach ist seine Zusammensetzung:

	Beobachtet.	Berechnet.	Atome.
Kohlenstoff	85,86	85,98	1
Wasserstoff	14,46	14,02	2
	100,00	100,00	

übereinstimmend mit Saussure, der in 101,632 fand:

86,743 Kohlenstoff und 14,889 Wasserstoff, so wie mit der Zusammensetzung des ölbildenden Gases und des Paraffins (Annal. Bd. XXIV S. 180).

Oel des Copaivbalsams wurde aus einem gelben, fast wie Oel dünnflüssigen, ganz durchsichtigen Copaivbalsam durch Destillation mit Wasser erhalten (wobei 32 Mal so viel Wasser als Oel überging), dann rectificirt und mit Chlorcalcium entwässert. Es war vollkommen farblos, dünnflüssig, von aromatisch süfsem Geruch, ohne Wirkung auf Lackmuspapier, besafs bei 22° C. das specifische Gewicht 0,8784, siedete bei 245° (Zinn schmolz mit Leichtigkeit darin), löste sich bei 25° in 30 Theilen Alkohol von 33° B., in 2,5 absolutem Alkokol, in absolutem Aether in jedem Verhältnifs, aber kaum in 0,5 Th. gewöhnlichen Aethers [1]), liefs Kalium unverändert, löste Jod ohne Verpuffung, zersetzte sich mit Salpetersäure von 1,32 spec. Gew. erst in der Hitze, unter Bildung eines harzähnlichen Körpers, verpuffte aber ohne Anwendung von Wärme mit salpetriger Salpetersäure augenblicklich, färbte sich mit Schwefelsäure roth, verband sich im Sonnenlichte mit Chlorgas unter heftiger Erhitzung zu einem das Innere der Flasche bekleidenden krystallinischen, vom Chlorkohlenstoff verschiedenen Körper, wobei zuvor das Ganze erst gelb, dann blau und zuletzt grün geworden war.

0,560 dieses Oels, mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 1,777 Kohlensäure und 0,588 Wasser; bei einem zweiten Versuche gaben 0,482 eben so 1,543 Kohlensäure und 0,510 Wasser. Darnach ist die Zusammensetzung:

	Versuche.		Rechnung.	Atome.
Kohlenstoff	87,74	88,51	88,46	5
Wasserstoff	11,66	11,75	11,54	8

übereinstimmend mit dem in der früheren Arbeit für das

1) Diefs liefert ein Mittel zu erkennen, ob ein Aether Weingeist oder Wasser enthalte.

Terpenthin- und Citronenöl erhaltenen Resultat. (Siehe Annal. Bd. XXIX S. 133.)

Salzsaures Copaivyl. Destillirt man Copaivbalsam für sich, wozu eine sehr hohe Hitze erforderlich ist, so erhält man zu etwa gleichen Theilen als Rückstand ein weifses, durchsichtiges, braunschwarzes Harz, und als Destillat ein Oel. In dieses Oel wurde, nachdem es rectificirt und mit Chlorcalcium entwässert worden, wo es dann gelbgrün war, empyreumatisch roch, bei 250° C. siedete, aber sonst alle Eigenschaften des vorherigen Oels besafs, trocknes salzsaures Gas geleitet. Die Masse erwärmte sich dabei, ward chocoladenbraun und verwandelte sich vollkommen in salzsaures Copaivyl. Durch starkes Ausdrücken zwischen Fliefspapier vom ungesättigten Oel befreit, gab es mit Alkohol eine nicht sauer reagirende Lösung (wornach, wie der Verfasser schliefst, das Oel nur eine einzige Verbindung mit der Salzsäure eingeht). Um es ganz rein zu erhalten wurde es in Aether gelöst und die Lösung mit Alkohol von 33° B. vermischt; es fällt dadurch gröfstentheils in Krystallen nieder, die zur Befreiung von anhängendem Oel nur der Waschung mit Alkokol bedürfen.

Rein, sieht das salzsaure Copaivyl wie chlorsaures Kali aus, ist geruchlos, in Wasser und kaltem Alkohol gar nicht, in warmen Alkohol wenig löslich, erstarrt bei +54°, kocht bei 185°, ist nicht sublimirbar, wird, in Weingeist gelöst, durch salpetersaures Silberoxyd und Quecksilberoxydul zerlegt, erleidet von Salpetersäure nur erst in der Wärme eine Einwirkung, unter Entwicklung von Stickgas, wird von rauchender Schwefelsäure in der Kälte nicht verändert, in der Wärme aber erst gelöst, und dann zum Theil seiner Salzsäure beraubt, krystallisirt jedoch beim Erkalten heraus, giebt bei Erhitzung mit gepülvertem Schwefelblei ein öliges, sehr stark nach Knoblauch riechendes Product, welches man mittelst Durchleitung von Schwefelwasserstoffgas durch Copaivöl nicht bekommt.

0,738 salzsauren Copaivöls mit Kalk gebrannt, in Salpetersäure gelöst, und die Lösung mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, gaben 0,989 Chlorsilber, entsprechend 33,04 Procent Chlor.

0,416, mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 0,872 Kohlensäure und 0,327 Wasser. Hiernach ist die Zusammensetzung:

		Berechnet.	Atome.
Kohlenstoff	57,95	57,94	5
Wasserstoff	8,73	8,50	9
Chlor	33,04	33,55	1

übereinstimmend mit der des salzsauren Citronyls, von dem es sich nur durch seinen Siedpunkt, in der Sublimirbarkeit und in dem Verhalten zur Schwefelsäure unterscheidet (vergl. Annal. Bd. XXIX S. 142), mit dem es also isomer ist.

Cajeputöl. Das zur Analyse angewandte Oel war von einer dem Verfasser bekannten Person aus Ostindien mitgebracht. Es war sehr flüssig, hellgrün, vollkommen durchsichtig, lebhaft aromatisch kampherartig riechend, erwärmend schmeckend, von 0,9274 spec. Gew. bei 25° C. und bei 175° C. siedend. Für sich destillirt ward es bei etwa 120° gelb, während das Destillat ganz farblos war. Das zuerst Uebergegangene hatte bei 25° C. das spec. Gewicht 0,9196 und siedete bei 173° C., das zuletzt Uebergegangene bei 175°. Der Rückstand von der Destillation bestand aus einer geringen Menge eines Harzes, das im Platintiegel mit Hinterlassung eines kaum merkbaren schwarzen Flecks verbrannte, und namentlich keine Spur von Kupfer enthielt.

In dem rectificirten Oele verwandelte sich Kalium in Kali, ohne Bräunung des Oels. Jod löste sich ohne Verpuffung darin auf [1]). Salpetersäure wirkte in der

1) Durch diese Eigenschaft und durch den Siedpunkt, der bei unächtem Cajeputöl bei 169° liegt, läfst sich nach dem Verfasser

Kälte nicht darauf, aber Schwefelsäure färbte es in der Kälte gelb.

I. 0,536 rectificirt. Oel gab. 1,510 Kohlens. u. 0,559 Wasser
II. 0,6225 - - - 1,758 - - 0,638 -

Darnach hat es die Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	Atome.
Kohlenstoff	77,90	78,11	78,12	10
Wasserstoff	11,57	11,38	11,49	18
Sauerstoff	10,53	10,51	10,38	1

und wäre als Verbindung von 1 At. Dadyl mit 1 Atom Wasser als: $C_{10}H_{16}+H_2O$ zu betrachten.

Ceylonsches Zimmtöl. Die Destillation der Rinde von Laurus Cinnamomum mittelst Kochsalzlösung (zur Erleichterung des Uebergangs des Oels) gab dem Verfasser zwei Oele, eins leichter, eins schwerer als Wasser. Beide Oele kommen im Handel gemischt vor. In diesem Zustande hat es eine goldgelbe Farbe, einen eigenthümlichen aufserordentlich lebhaften feinen Geruch, siedet bei 220° und hat bei 25° C. das spec. Gewicht 1,008. Durch Destillation für sich erhielt es der Verfasser nur schwächer an Farbe und Geruch. Mit Aetzbaryt behandelt verband sich der gröfste Theil desselben zu einer in Wasser auflöslichen Masse, während ein anderer sich leicht verharzte. Durch Filtration, Eintrocknung und Behandlung mit Schwefelsäure gab das erhaltene Salz wieder Oel, nicht aber Benzoësäure. Mit Kalk wurde eine in Wasser fast ganz unlösliche Verbindung erhalten. Das Zimmtöl scheint also wie das Nelkenöl aus einem sauren und einem nicht sauren Oel zu bestehen [1]).

0,542 rectificirten Oels gaben 1,596 Kohlensäure und 0,375 Wasser, oder in 100 Theilen: Kohlenstoff 81,44, Wasserstoff 7,68 und Sauerstoff 10,88.

das ächte Oel vom verfälschten oder nachgekünstelten unterscheiden.

1) Siehe Annalen, Bd. XXXI S. 526.

Das Oel von *Cassia cinnamomea* ist, nach des Verfassers Vermuthung, nur durch das Verhältnifs der beiden darin enthaltenen Oele vom eigentlichen Zimmtöl verschieden.

Wacholderbeeröl bereitete der Verfasser durch Destillation der Wacholderbeeren mit Salzwasser. 8 Pfund unreife, noch grüne Beeren gaben ihm 2 Unzen Oel; dieselbe Quantität reifer vorjähriger Beeren nur ½ Unze. Die Rectification des Oels aus den unreifen Beeren gab zwei Oele, ein leicht und ein schwer übergehendes, vom Verfasser mit No. 1 und No. 2 bezeichnet.

No. 1 ist farblos, flüssig wie Terpenthinöl, riecht wie die Beeren, aber nebenbei wie Tannennadeln. Zur Reinigung ward es mit Salzwasser gewaschen, wobei es einen krystallinischen Körper, wahrscheinlich ein Hydrat, absetzte. Das mittelst der Pipette abgenommene Oel ward mehrmals über Aetzkalk destillirt und zuletzt mit geschmolzenem Chlorcalcium behandelt. Es oxydirt sich sehr leicht, weshalb es möglichst schnell analysirt wurde. Kleine Quantitäten auf Papier gestrichen, werden in wenigen Augenblicken klebrig und in eine harzige Substanz verwandelt. Im reinsten Zustande riecht es schwach, hat bei 25° C. das spec. Gewicht 0,8392, siedet bei 155° C., löst sich wenig in Alkohol von 33° B., giebt mit gleichen Theilen absoluten Alkohols eine klare Lösung, die sich aber auf gröfseren Zusatz desselben Alkohols trübt, desto stärker, je mehr zugesetzt wird; es löst sich zwar in gewöhnlichem Aether, aber nur in absolutem in jedem Verhältnifs.

No. 2, ebenfalls mit Salzwasser gewaschen, mehrmals über Aetzkalk rectificirt, war doch nicht farblos zu erhalten. Es oxydirte sich leicht an der Luft, besafs bei 25° C. das spec. Gewicht 0,8784, siedete bei 205° C., löste sich gleichfalls wenig in Alkohol von 33° B., wohl aber in 8 Th. absoluten Alkohols und in jedem Verhält-

nifs in absolutem Aether, verpuffte mit Jod nicht und wurde auch nicht von Kalium zersetzt.

0,349 von No. 1, mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 1,116 Kohlensäure und 0,362 Wasser.

0,551 von No. 2 gaben 1,748 Kohlensäure und 0,575 Wasser. Darnach ist die Zusammensetzung von:

	No. 1.	No. 2.
Kohlenstoff	88,41	87,72
Wasserstoff	11,52	11,59
	99,93	99,91.

Beide scheinen demnach, wie das Terpenthinöl, gemäfs der Formel $C_{10}H_{16}$ zusammengesetzt zu seyn.

Das Oel aus den reifen Beeren liefs sich nicht in zwei verschiedene Oele trennen, sondern besafs dieselben Eigenschaften wie das Oel No. 2. Es scheint demnach beim Trocknen der Beeren das Oel No. 1 zu verfliegen.

Setzt man Aetzkali zu dem mit Kochsalz destillirten Wacholderbeer-Wasser, so schlägt sich ein in sehr feinen Nadeln krystallisirter Körper nieder, welcher, nach Zaubser und Buchner, genau die Eigenschaften des Terpenthinöl-Stearoptens besitzt; diesen Körper hält der Verfasser für Wacholderöl-Stearopten oder dessen Hydrat, und für eben so zusammengesetzt als das Terpenthinöl-Stearopten. — Terpenthinöl-Hydrat erhielt er durch Vermischen des Oels mit Wasser und Hinstellen desselben in gewöhnliche Temperatur, wo dann nach einigen Wochen das Hydrat an den oberen Wänden des Gefäfses krystallisirt war.

IV. *Analyse zweier Bromsalze; von P. A. von Bonsdorff.*

(*Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1832.)

In der Abhandlung, welche unter dem Titel: *Beitrag zur Entscheidung der Frage, ob Chlor, Brom, Jod und mehre andere Metalloïde, gleich dem Sauerstoff, säuren- und basenbildende Körper seyen,* ich die Ehre hatte der Königl. Academie zu übergeben, und welche in deren Denkschriften für d. J. 1828 und 1830 eingerückt worden ist [1]), habe ich zu beweisen gesucht, daſs die Bromide der elektro-negativen Metalle Platin und Gold, gleichwie die Chloride dieser Metalle, Verbindungen mit den Bromiden der elektro-positiven Metalle eingehen, und wiewohl ich, hauptsächlich wegen Mangels an hinreichendem Vorrath von Brom, von diesen Verbindungen nicht mehr als eine einzige, nämlich die von Platinbromid mit Kaliumbromid (*Bromo-platinas kalicus*) analysiren konnte, so habe ich doch, gestützt auf Beobachtungen über die Krystallisation hieher gehöriger Salze, bemerkt, daſs die meisten von ihnen Analogie und Isomorphie mit den entsprechenden Chlorsalzen zeigen [2]). Da ich später Gelegenheit gehabt zwei andere hieher gehörige Salze zu untersuchen und dabei das genannte analoge Verhalten bestätigt gefunden habe, so nehme ich mir die Freiheit der Königl. Academie hier die Resultate dieser Untersuchung vorzulegen.

Im Zusammenhang hiermit und ehe ich zur Analyse selbst übergehe, halte ich es nicht für zu fern vom Gegenstand, rücksichtlich der Krystallisation des eben er-

1) Annal. Bd. XVII S. 115 und 247. *P.*

2) *Kongl. Vetensk. Acad. Handl.* 1830, *p.* 128 (Annal. Bd. XIX S. 336).

wähnten aus Platinbromid und Kaliumbromid gebildeten Salzes Einiges anzuführen, was in der früheren Untersuchung nicht bemerkt worden ist. Wenn man eine kalte Auflösung des genannten Salzes einer langsamen, freiwilligen Verdunstung bei gewöhnlicher Temperatur überläfst, so schiefst das Salz in sehr schönen und deutlichen Krystallen an, theils von regelmäfsig octaëdrischer, theils von cubo-octaëdrischer Form. Da die Zusammensetzung analog war der des Chlorsalzes (*Chloro-platinas kalicus*), welches, wie bekannt, in regelmäfsigen Octaëdern anschiefst, so konnte man veraussetzen, dafs auch die Krystallform dieselbe seyn würde, was mithin die obengenannte Beobachtung bestätigt hat.

Bromo-Platinas natricus. Die Krystallisation und übrigen Kennzeichen dieses Salzes sind in der angeführten Abhandlung beschrieben [1]). Die Analyse wurde auf folgende Weise angestellt.

0,865 Grm. dieses Salzes in regelmäfsig angeschossenen grofsen Krystallen brachte ich in die Kugel eines kleinen Apparats, gemacht aus einer Barometerröhre, deren ein 6 bis 7 Zoll lang ausgezogenes dünneres Ende allmälig oder in einem Halbkreise niedergebogen war. Das nämliche Ende steckte ich luftdicht in eine tubulirte Flasche, welche eine verdünnte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd mit einigen Tropfen überschüssiger Säure enthielt, und von dieser Flasche ging eine gekrümmte Glasröhre zu einer anderen Flasche, welche eine Auflösung desselben Metallsalzes enthielt. Das andere, kürzere Ende des Apparates war auf gewöhnliche Weise mittelst einer Kautschuckröhre mit einem Apparat zur Entwicklung von Wasserstoffgas verbunden, und auch wie gewöhnlich mit einer, Chlorcalcium enthaltenden Röhre versehen. Nachdem die Wasserstoffgasentwicklung eine Weile von Statten gegangen, wurde die Kugel gelinde mit einer Wein-

1) *Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1830, *p.* 130. (Ann. Bd. XIX S. 345.)

geistlampe erwärmt, bis sich in der Kugel und der engeren Röhre eine kleine Portion Wasser abgesetzt hatte, dann wurde die Erwärmung unterbrochen. Der fortgehende trockne Wasserstoffgasstrom führte nun allmälig das abgesetzte Wasser weg, worauf die Kugel auf's Neue gelinde erwärmt und das abermals abgesetzte Wasser wiederum in dem Wasserstoffgase verdunsten gelassen wurde. Sammelte sich in der Röhre etwas mehr Wasser als in Form von Dunst, so konnte auch dieses in dem sanft herabgebogenen Rohre langsam herabfliefsen, nebst der darin aufgelösten gebildeten Bromwasserstoffsäure, welche dann anfing in der tubulirten Flasche Bromsilber zu fällen. Nachdem die Entwicklung von Wasser aufgehört hatte, wurde die Wärme allmälig bis zum Glühen verstärkt und ununterbrochen fortgesetzt, so lange noch ein sichtbarer Niederschlag entstand, und selbst eine gute Weile länger.

Nach dem Erkalten des Apparats wurde die dünnere Röhre, mit Hülfe eines Diamants und eines gebogenen, dicken, glühenden Platindrahts, in der Krümmung abgeschnitten. Das in der tubulirten Flasche und auch am Ende der dünneren Röhre abgesetzte Bromsilber (in der zweiten Flasche war ebenfalls ein, aber kaum wägbarer Niederschlag entstanden) wurde mit Genauigkeit auf einem Filtrum gesammelt, gewaschen, getrocknet und geglüht, wo es dann 0,764 Grm. wog, entsprechend 0,321 Grm. Brom.

Von dem Rückstand in der Kugel des kleinen Apparats wurde, nachdem er gewaschen war, das Bromnatrium in tropfenweise eingeschüttetem Wasser gelöst und die Lösung von dem unlöslichen Platinpulver abgegossen. Die Lösung wurde abgedunstet, der Rückstand geglüht und gewägt, und darauf auch das Gewicht des Platinpulvers gehörig bestimmt. So fand sich der genannte Rückstand bestehend aus 0,221 Grm. Bromnatrium und 0,205 Grm. Platin.

Ich darf hiebei nicht unbemerkt lassen, dafs sich während der Operation eine geringe Menge eines Sublimats in der Glasröhre abgesetzt hatte, und dafs dieses, nach der Probe, die mit einer so geringen Menge angestellt werden konnte, vermuthlich aus bromwasserstoffsaurem Ammoniak bestand, welches sich während der oft wiederholten Krystallisation durch die lange Berührung mit der Luft gebildet hatte. Durch stärkere Erhitzung wurde es leicht aus der Röhre fortgetrieben. Da übrigens das Fehlende an der zum Versuche angewandten Menge aus Wasser bestehen mufste, so wird das Resultat der Analyse und das darnach berechnete Verhältnifs folgendes:

		Berechnet.
Bromnatrium	25,55	24,72
Platin	23,70	24,02
Brom	37,11	38,11
Wasser	13,64	13,15
	100,00	100,00.

und die Formel, welche die chemische Zusammensetzung des Salzes ausdrückt, wird:

$$\text{NaBr} + \text{PtBr}^2 + 6\dot{\text{H}}.$$

Bromo-Auras kalicus. Auch dieses Salz habe ich seinen äufseren Eigenschaften nach schon beschrieben [1]. In Bezug auf seine Krystallform mufs ich jedoch hinzusetzen, dafs an dem rhombischen Prisma, welches seine einfachste und aller Wahrscheinlichkeit nach seine Grundform ausmacht, die Seitenwinkel ganz nahe 77° ½ und 102° ½ sind, und dafs dasselbe ein gerades Prisma zu seyn oder mindestens nur wenig davon abzuweichen scheint. Das Salz löst sich, ohne Wärme, in Alkohol, und ist darin leichtlöslicher als in Wasser.

Wenn das krystallisirte wasserhaltige Salz in die

1) *Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1830, *pt. I.* (Ann. Bd. XIX S. 344.)

Wärme gestellt wird, so verwittert es sehr bald und verliert all sein Krystallwasser. Löst man dieses Salz darauf in absolutem Alkohol und läſst die Lösung in der Wärme abdunsten, so schieſst ein wasserfreies Salz an, von derselben Farbe wie das wasserhaltige, und in theils rhombischer, theils davon abgeleiteter sechsseitiger prismatischer Form, mit bedeutend schieferen Winkeln als das wasserhaltige Salz.

Die Analyse des wasserhaltigen Salzes geschah auf folgende Weise. 0,625 Grm. desselben, in reinen und deutlichen Krystallen, wurden auf einem Uhrglase abgewogen, und in die Temperatur +60° C. gebracht; nach ein Paar Stunden hatte sich das Gewicht auf 0,582 Grm. vermindert; ferner eine Stunde lang der Wärme 75° C. ausgesetzt, behielten sie ihr Gewicht unverändert. Das Gewicht des Krystallwassers betrug also 0,043. Die rückständigen 0,582 Grm. brachte ich in die Kugel eines ähnlichen Apparats, wie er beim Platinsalz angewandt und beschrieben wurde, bewerkstelligte die Reduction mit Wasserstoffgas unter Anwendung einer sogleich stärkeren Hitze, und lieſs die gebildete Bromwasserstoffsäure von einer Lösung salpetersauren Silberoxyds aufnehmen, ohne jedoch das Gewicht des Bromsilbers zu bestimmen. Die Masse in der Kugel wurde dunkler und schmolz während der Operation, ohne daſs sich in der Röhre flüssige Säure bildete, wonach es scheint, daſs bei dem Verwittern in der Wärme das Wasser vollständig fortgegangen war. Der Rückstand in der Kugel nach vollendeter Reduction wurde durch Behandlung mit Wasser zerlegt in 0,126 Grm. Kaliumbromid und 0,207 Grm. metallisches Gold. Wird die Summe, nämlich 0333, abgezogen von 0,582, so ist der Rest: 0,249 Grm. das Gewicht des fortgegangenen Broms. Auch bei dieser Ope-

ration setzte sich ein dem früher erwähnten ähnliches weifses Sublimat ab, aber auch hier in so geringer Menge, dafs es kaum auf der Wage zu bemerken war. Das Resultat der Analyse wird folgendes:

		Berechnet.
Bromkalium	20,16	19,70
Gold	33,12	33,36
Brom	39,84	39,39
Wasser	6,88	7,55
	100,00	100,00.

wornach die Formel für die chemische Zusammensetzung des Salzes wird:

$$KBr + AuBr^3 + 5\dot{H}.$$

Aus dieser Untersuchung folgt also, dafs die Verbindung, welche das Platinbromid und Natronbromid mit Krystallwasser bildet, vollkommen analog ist der längst bekannten, von Vauquelin analysirten Verbindung von Platinchlorid mit Natriumchlorid, so wie auch, dafs das Salz, welches das Goldbromid mit Kaliumbromid und Krystallwasser bildet, in allen Theilen übereinstimmt mit dem entsprechenden, aus den Chloriden der beiden letzteren Metalle bestehenden Salze, gemäfs der neuerlich von Berzelius damit angestellten Analyse [1]).

Es folgt ferner aus den obigen Analysen, dafs die Bromide von Platin und Gold, der Atomenzahl nach, vollkommen den Chloriden der genannten Metalle analog zusammengesetzt sind. Der Berechnung nach enthalten

100 Th. Platinbromid.		100 Th. Goldbromid.	
61,34 Th.	Brom	54,17 Th.	Brom
38,66 -	Platin	45,83 -	Gold.

1) *K. V. A. Handl. f.* 1829, *p.* 155. (Ann. Bd. XVIII S. 597.)

V. *Ueber das Jodplatin und dessen Verbindungen mit anderen Jodiden, mit Jodwasserstoffsäure und jodwasserstoffsaurem Ammoniak; von Hrn.* Lassaigne.

(*Ann. de chim. et de phys. T. LI p.* 113. Auszug.)

Das Platin verbindet sich mit dem Jod in zwei Verhältnissen, genau in entsprechenden wie mit dem Chlor, aber diese Verbindungen lassen sich nicht geradezu darstellen. Zerriebener Platinschwamm kann mit gepülvertem Jod und Wasser stundenlang gekocht oder mit einem Gemenge von Jodwasserstoffsäure und Salpetersäure digerirt werden, ohne dafs ein Jodplatin zu Stande kommt; auf trocknem Wege scheint sich zwar ein solches unter gewissen Umständen erhalten zu lassen, aber nur schwierig und nicht frei von eingemengten Platin. Dagegen gelingt es leicht diese Verbindungen auf indirectem Wege darzustellen.

Platinjodür. Es bildet sich, wenn Platinchlorür, erhalten durch mäfsiges Erhitzen von Platinchlorid, und Entfernen des nicht zersetzten Chlorids durch Waschen mit Alkohol von 38° B., mit einer etwas concentrirten Lösung von Jodkalium eine Viertelstunde erwärmt wird, als ein schwärzliches schweres Pulver, das zu seiner Reinigung nur der Waschung bedarf [1]).

Es ist geruch- und geschmacklos, unlöslich in Wasser und Alkohol, unveränderlich an der Luft, läfst sich bis 250° C. unzersetzt erhitzen, zerfällt aber bei der Siedhitze des Quecksilbers in Jod, das entweicht, und

1) Dagegen läfst es sich nicht durch Erhitzung des Jodids bilden (indem dabei immer ein Gemenge von Jodid und Platin zurückbleibt), auch nicht durch Behandlung des Jodids mit schwefliger Säure oder den Jodüren anderer Metalle.

Platin, das zurückbleibt. Salpeter-, Schwefel- und Salzsäure haben, selbst concentrirt, weder kalt noch warm eine Wirkung auf dasselbe. Aetzkali und Aetznatron zersetzen einen Theil desselben unter Abscheidung von Platinoxydul, während sie mit dem andern ein Doppelsalz bilden. Ammoniak verwandelt es bei gewöhnlicher Temperatur in eine dunkle grünlichgelbe Substanz, die, nach dem Waschen und Trocknen, erhitzt, erst Ammoniak, dann Joddämpfe und jodhaltiges jodwasserstoffsaures Ammoniak ausgiebt und Platin zurückläſst. Das Wasser, aus welchem sich diese Substanz (nach L's Ansicht ein ammoniakalisches Oxyjodür von Platin) abgesetzt hat, enthält jodwasserstoffsaures Ammoniak.

0,750 Platinjodür, durch Erhitzung zersetzt, gaben 0,3285 Platin; — 0,620 Jodür, eben so behandelt, lieferten 0,2334.

Hienach ist die Zusammensetzung des Jodürs:

	I.	II	Berechnet.	Atome.
Jod	56,2	55,9	55,6	2
Platin	43,8	44,1	44,4	1

Platinjodür und *Jodkalium* mit Wasser 24 Stunden lang in gewöhnlicher Temperatur geschüttelt, oder noch besser einige Stunden lang gekocht, geben, wiewohl der gröſste Theil des Jodürs dabei unangegriffen am Boden liegen bleibt, eine gelbliche Lösung, aus welcher bei langsamer Verdampfung blaſs citronengelbe Tafeln anschieſsen, die zwar Krystalle von Jodkalium beigemengt enthalten und sich von diesen nicht trennen lassen, doch aber, nach L's Ansicht, die Existenz eines Chloro-Platinits von Kalium wahrscheinlich machen.

Platinjodür mit *Jodwasserstoffsäure* von 1,038 Dichte in Berührung gebracht, wird in gewöhnlicher Temperatur zersetzt in Platinjodid, daſs sich in der Säure zu einer rothen Verbindung auflöst, und in metallisches Platin, welches die Flüssigkeit als eine glänzende stahlgrüne

Haut überzieht. Die Jodwasserstoffsäure wirkt also auf das Platinjodür, wie die Chlorwasserstoffsäure auf das Platinchlorür.

Platinjodid erhält man leicht durch Vermischung einer Lösung von Platinchlorid mit einer von Jodkalium. Die Flüssigkeit wird sogleich orangeroth [1]) und kurz darauf dunkler und weinroth, ohne dafs sich ein Niederschlag absetzt; erhitzt man sie aber, so trübt und bräunt sie sich, und, wenn sie in's Sieden geräth, fällt ein schwarzes, je nach der Concentration der Flüssigkeit, flockiges oder krystallinisches Pulver nieder. Dabei entweichen Joddämpfe, wie Hr. L. sich versichert hat, vermöge freier Säure des Chlorids, die auf das Jodkalium zersetzend einwirkt; wenn das Chlorid möglichst säurefrei ist, zeigen sich keine Joddämpfe.

Das so erhaltene Jodid, nachdem es gewaschen und entweder auf dem Wasserbade oder im Vacuo über Schwefelsäure getrocknet worden, ist, wie das Jodür, ein schwarzes, abfärbendes, zuweilen wie gepülvertes Manganhyperoxyd krystallinisch aussehendes Pulver. Es wird vom Wasser nicht gelöst, noch zersetzt, kann Stunden lang damit gekocht werden, ohne dafs sich (wie **Berzelius** angiebt) Joddämpfe entwickeln. In der Hitze wird es eher wie das Jodür, schon bei 131° C. zersetzt, unter Entweichung eines Theils seines Jods. Es läfst sich indefs selbst durch vorsichtiges und langsames Erwärmen nicht in Jodür verwandeln; der Rückstand ist immer ein Gemenge von Jodid und Platin. Alkohol von 88 Procent löst das Jodid, selbst in der Kälte, zu einer gelblichgrünen Flüssigkeit, noch mehr in der Wärme, wo die Farbe auch intensiver ist. Die Flüssigkeit wird nicht von Wasser getrübt; zur Trockne abgedampft hinterläfst sie einen in Wasser unlöslichen Rückstand, der sich wie Platinjodür verhält. Jod mit Wasser angerührt, welches Jodid suspendirt enthält, bewirkt keine Lösung desselben.

1) Es wird dadurch noch $\frac{1}{10000}$ Platin in einer Flüssigkeit angezeigt.

Concentrirte Chlorlösung zersetzt in der Kälte nach und nach das Jodid, unter Entstehung von Platinchlorid, und, je nach der Menge des Chlors, von Jod oder Chlorjod. Schwefelsäure wirkt kalt auf das Jodid nicht ein; in der Wärme entwickelt sie aber Jod daraus.

Zusammensetzung [1]). 1,040 eines 48 Stunden lang im trocknen Vacuo erhaltenen Jodids, durch Hitze zersetzt, gaben 0,2927 Platin. — 0,830 gaben, eben so behandelt, 0,2327. Hienach besteht das Jodid aus:

	I.	II.	Rechnung.	Atome.
Jod	71,85	71,96	71,91	4
Platin	28,15	28,04	28,09	1

Platin-Kalium-Jodid. Das Platinjodid löst sich in einer Lösung des Jodkaliums mit schön weinrother Farbe, und giebt dann durch freiwillige Verdunstung schwarze, metallischglänzende, rechtwinklige Prismen mit 4flächiger Zuspitzung. Durch Alkohol von 36° von den beigemengten Krystallen des Jodkaliums getrennt, stellen sie das reine Doppelsalz dar. Diefs ist unveränderlich an der Luft, mit schön dunkelrother Farbe in Wasser löslich, unlöslich in Alkohol von 38 Procent. Von concentrirter Schwefelsäure erleidet es in der Kälte keine Einwirkung (wie das Doppelsalz von Platinchlorid und Kaliumchlorid), wiewohl das Jodkalium für sich von ihr bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt wird.

Zufolge einer Analyse besteht diefs Doppelsalz aus 1 A. Platinjodid und 1 At. Kaliumjodid, entsprechend der Formel $= PtJ^4 + KJ^2$. Hr. L. glaubt indefs, es gebe

1) Hr. Kane, Professor der Chemie in Dublin, giebt an (*Phil. Mag. Ser. III Vol. II p.* 197), durch Fällung des Platinchlorids mit Jodkalium, nach Auswaschung des Platin-Kalium-Chlorids, ein Sesquijodid von Platin erhalten, und diefs sowohl mit Kaliumjodid (zu gleichen Atomgewichten) als auch mit jodwasserstoffsaurem Ammoniak (1 At. von diesem mit 5 At. vom Sesquijodid) zu Doppelsalzen verbunden zu haben. Man sieht, diese Angaben weichen bedeutend von denen des Herrn Lassaigne ab. *P.*

auch ein Doppelsalz $PtJ^4 + 2KJ^2$, welches nur in Wasser gelöst bestehe, und die Ursache sey, daſs das eben beschriebene beim Anschieſsen mit Jodkalium verunreinigt werde.

Platin-Natrium-Jodid, wie das vorhergehende Doppelsalz zu erhalten, bildet in trockner Luft zarte, prismatische, gestreifte, bleischwarze Nadeln, die an feuchter Luft zerflieſsen, und mit dunkel weinrother Farbe sich reichlich in Wasser und Alkohol lösen. Es ist vermuthlich: $PtJ^4 + NaJ^2$.

Platin-Barium-Jodid, zerflieſslich wie das Natrium-Doppelsalz, doch weniger.

Platin-Zink-Jodid. Ebenfalls direct aus beiden Jodiden zu erhalten, krystallisirt sehr schwer, sondern stellt nur einen röthlichen Syrup dar, in welchen man einige verworrene Krystalle erblickt. Er ist sehr löslich in Wasser und zerflieſslich an der Luft.

Platinjodid und *jodwasserstoffsaures Ammoniak.* Ersteres löst sich schon in der Kälte in einer Lösung des letzteren auf, und die rothe Flüssigkeit, vorsichtig abgedampft, giebt kleine quadratische, schwärzliche, metallischglänzende Blättchen, welche eine Verbindung beider Salze darstellen. Diese ist unveränderlich an der Luft, unlöslich in Alkohol, wenig, aber mit schön weinrother Farbe löslich in Wasser. Sie enthält kein Krystallisationswasser; giebt, in einer Retorte erhitzt, Ammoniakgas, Stickgas, Joddampf und jodhaltiges jodwasserstoffsaures Ammoniak, während 23 Proc. Platin zurückbleiben. Eine Analyse (auf welche Weise angestellt, ist nicht gesagt) führte zu der Zusammensetzung:

$$PtJ^4 + JH + NH^3.$$

Jodwasserstoffsaures Platinjodid bildet sich, schon in der Kälte, direct durch Digestion des Jodids mit der Säure. Die Flüssigkeit ist schön roth, und giebt, unter einer Glocke über Aetzkalk abgedunstet, kleine schwärzliche Nadeln und farrnkrautähnliche Blättchen. Das Salz

ist geruchlos, von scharfem, etwas stiptischem, aber keineswegs saurem Geschmack, wird an der Luft, unter Annahme einer weinrothen Farbe, etwas feucht, löst sich sehr leicht in Wasser, zersetzt sich sehr langsam im Vacuo, erträgt wiederholte Abdampfungen unverändert; zerfällt in höherer Temperatur in Joddämpfe und jodhaltige Jodwasserstoffsäure, während Platinpulver von der Form der Krystalle zurückbleibt. Nach einer Analyse (deren Detail gleichfalls nicht angegeben ist) besteht es aus $J^2 H^2 + Pt J^4$. Alkalien wandeln diese Verbindung in Doppeljodide um.

VI. *Versuche über die Bernsteinsäure.*

Hr. Felix d'Arcet hat der Pariser Academie folgende Resultate einer von ihm über die Bernsteinsäure angestellten Untersuchung mitgetheilt;

1) Die Bernsteinsäure kann wasserfrei dargestellt werden, und ist dann $C_8 H_4 O_3$.

2) Diese trockne Säure giebt mit trocknem Ammoniak eine amid-artige Verbindung, bestehend aus:

$C_8 H_5 N O_2$ [1]).

3) Bernsteinsaurer Kalk trocken destillirt giebt eine Flüssigkeit, verschieden von der der essigsauren und benzoësauren Salze, und zusammengesetzt aus: $C_{16} H_{10} O$.

4) Es giebt einen Bernsteinsäure-Aether, entsprechend der Formel: $C_{16} H_{14} O_4$, anzusehen als bernsteinsaurer Kohlenwasserstoff mit 1 At. Wasser (*L'Institut, No.* 62 *p.* 230. — *C* ist hier ohne Zweifel $= 36{,}218$ genommen).

1) Also: $C_8 H_4 O_3 + N H_3 - O H_2$ *P.*

VII. *Ueber die Scheidung von Quecksilber und Kupfer mittelst Ameisensäure, nebst einigen Bemerkungen über das Verhalten dieser Säure zum Oxyd, Chlorid und Chlorür des Quecksilbers;*

von P. A. v. Bonsdorff.

In seiner interessanten Arbeit über die Ameisensäure hat Hr. Prof. Göbel zu Dorpat gezeigt, daſs diese Pflanzensäure und deren Natronsalz die Eigenschaft besitzen, die edlen Metalle zu reduciren, und daſs sie deshalb als vortreffliche Reagenzien zur Scheidung dieser Metalle von andern benutzt werden können. Da ich schon im Winter des Jahres 1833 das Vergnügen hatte, mich bei Hrn. Prof. Göbel von diesem Verhalten der Ameisensäure und dessen Anwendbarkeit zu überzeugen, so wollte ich mich desselben bei der Analyse eines Quecksilber und Kupfer enthaltenden Salzes zur Trennung dieser beiden Metalle bedienen. Die von mir in dieser Hinsicht angestellten Versuche waren zwar nicht ohne guten Erfolg, zugleich aber wurde ich auf eine andere Methode der Anwendbarkeit der Ameisensäure zu analytischem Behufe geleitet, welche mir der Bekanntmachung nicht unwerth erscheint.

Den Erfahrungen des Hrn. Göbel gemäſs sollte man die zu trennenden Metalle in Salpetersäure auflösen und die neutrale Auflösung mit ameisensaurem Natron kochen, wornach dann das zu Metall reducirte Quecksilber zu sammeln und zu wägen, und das in der Auflösung noch befindliche Kupferoxyd nach bekannten Methoden abzuscheiden wäre. Da aber in dem Salze, welches ich zu analysiren hatte, die genannten Metalle als Chloride vorhanden waren, und Hr. G. angiebt, daſs »Quecksilber-

chlorid-Lösung nur partiell zersetzt und das Quecksilber als Chlorür abgeschieden werde,« so habe ich das Verfahren dahin abgeändert, dafs ich die Chloride der genannten Metalle, in Wasser gelöst, mit ätzendem Kali kochend fällte, das Gemenge ruhig stehen liefs, die klare Flüssigkeit mit Wasser versetzt mehrmals abgofs, und endlich die niedergeschlagenen Metalloxyde in der Siedhitze mit Ameisensäure behandelte. Das Quecksilber hatte sich regulinisch abgesondert und das Kupferoxyd in der Flüssigkeit aufgelöst. Die Trennung der beiden Metalle war also ganz vollkommen; allein, um das Quecksilber sammeln und mit der Wage bestimmen zu können, schien mir diese Methode doch nicht so ganz befriedigend. Das Metall wird nämlich gewöhnlich in Pulverform abgesondert, und wenn auch, nach Eintrocknen der Flüssigkeit, das Quecksilber sich zu einer zusammenhängenden regulinischen Masse vereinigt, klebt dieselbe doch als eine Haut an dem Boden des Gefäfses und ist von demselben nicht so leicht vollkommen abzulösen, während ein anderer Theil immer pulverförmig bleibt, und durch sein gar nicht mehr metallisches Ansehen Zweifel an der Reinheit des Metalles erwecken kann. Ueberhaupt scheint es mir, dafs die Methoden, ein Metall bei der Analyse im regulinischen Zustand darzustellen, so nett und befriedigend sie auch sich zeigen mögen, doch bei quantitativen Bestimmungen oft mit Unbequemlichkeit und Unsicherheit verbunden, und darum den Abscheidungen der Metalle in anderen Zuständen nachzusetzen sind.

Um die genannten Unbequemlichkeiten zu vermeiden und die Trennung der erwähnten Metalle sicher und leicht zu bewerkstelligen, habe ich mich der Ameisensäure auf eine andere Art bedient, die mir so genügend scheint, dafs, wie ich glaube, die Anwendung dieses vortrefflichen Reagenzes zu quantitativen analytischen Untersuchungen nichts zu wünschen übrig läfst.

Ehe ich zur Beschreibung dieser Methode übergehe,

halte ich es nicht für überflüssig, die Resultate einiger vorläufigen Versuche, die als Grundlage des analytischen Verfahrens zu betrachten sind, anzuführen.

Wird Quecksilberoxydhydrat mit einer Auflösung von Kaliumchlorid anhaltend gekocht, so erleidet es, wie bekannt, gar keine Veränderung. Auch wenn man dieser Mischung ameisensaures Natron hinzufügt und das Kochen fortsetzt, findet keine merkliche Einwirkung statt. Wird aber ein Gemeng von Quecksilberoxydhydrat und Chlorkalium, namentlich wie man es erhält, wenn man eine Auflösung von Quecksilberchlorid mit ätzendem Kali [1]) kochend fällt, noch siedendheifs nach und nach in kleinen Portionen mit freier Ameisensäure versetzt, bis der Niederschlag eine isabellgelbe Farbe erhalten hat, und wird hernach das Ganze in einer Temperatur von 70° bis 80° C. erhalten, so entsteht nach einer Weile, falls die gehörige Menge Ameisensäure zugesetzt worden war, mit einem Mal gleichsam eine Gährung, eine starke Entwicklung von Kohlensäure, wobei der Niederschlag weifs wird. Die Bildung und Entwicklung der Kohlensäure dauert fort, während sich auch ununterbrochen weifse schuppige Krystalle von Seidenglanz absetzen, und nach zwei bis drei Stunden ist der ganze Quecksilbergehalt als Chlorür theils in Pulverform, theils in Schuppen niedergeschlagen, so dafs in der Auflösung keine Spur von dem Metall mehr übrig ist.

Aus dem Angeführten läfst sich die Theorie dieser Operation leicht ableiten. Der Sauerstoff des Quecksilberoxyds theilt sich: die eine Hälfte desselben oxydirt das Kalium, die andere das Kohlenoxyd eines Theils der Ameisensäure und führt dadurch die Entwicklung von Kohlensäure herbei. Das Chlor des Kaliums verbindet sich mit dem Quecksilber, während der unzersetzte Theil der Ameisensäure sich mit dem Kali vereinigt. Wenn man

1) Was vom Kali und Kaliumchlorid gesagt ist, gilt auch vollkommen vom Natron und Natriumchlorid.

also das Gemisch filtrirt, befindet sich in der Flüssigkeit nur ameisensaures Kali und Chlorkalium.

Dafs diefs wirklich der Vorgang sey, davon kann man sich durch folgenden Versuch überzeugen. Fällt man eine Auflösung von Quecksilberchlorid mit ätzendem Kali, diefs so wenig als möglich in Ueberschufs hinzugesetzt, und giefst von der klar gewordenen Flüssigkeit genau die Hälfte fort, so bekommt man, wenn man das aus Quecksilberoxyd und der anderen Hälfte des Kaliumchlorids bestehende Gemeng auf die beschriebene Weise mit Ameisensäure behandelt, eben so den ganzen Gehalt an Quecksilber als Chlorür, und in der Flüssigkeit bleibt nur ameisensaures Kali zurück. Da sich in jenem Gemenge nur die Hälfte des dem Quecksilberoxyd entsprechenden Kaliumchlorids befand, so ist offenbar die andere Hälfte des Sauerstoffs dieses Oxyds von dem Kohlenoxyde der Ameisensäure zur Bildung von Kohlensäure aufgenommen worden.

Zur Bewerkstelligung der eben beschriebenen Abscheidung des Quecksilberchlorürs ist die Temperatur von 70° bis 80° C. gar nicht nothwendig, eine niedrigere Temperatur bringt die Wirkung ebenfalls hervor, nur ist dann eine längere Zeit erforderlich. Man kann also auch jenes Gemenge auf einen warmen Ofen von 50° bis 60° C. stellen, und diefs ist selbst sehr zweckmäfsig, ja für die Genauigkeit des Resultates sicherer. Nach Verlauf von einem halben Tag oder 24 Stunden ist das Chlorür dann vollkommen abgesondert. Je langsamer diese Absonderung oder Bildung des Chlorürs geschieht, desto schöner fallen die Krystalle aus; sie zeigen dann einen herrlichen weifsen Seidenglanz, sind, so lange sie in der Flüssigkeit bleiben, zu Federn oder Dendriten zusammengewachsen, und haben, herausgenommen, wo ihr Zusammenhang verloren geht, im Aeufsern die gröfste Aehnlichkeit mit der natürlichen Borsäure von der Insel Volcano.

Fügt man dem Quecksilberoxydhydrat eine etwas gröſsere Menge von Chlorkalium-Lösung hinzu, und versetzt dieſs Gemenge siedendheiſs mit der gehörigen Menge Ameisensäure, so bekommt man sogleich eine vollkommene und klare Lösung. Wird nun diese klare Auflösung auf zuvor beschriebene Weise warm gehalten, so krystallisirt das Quecksilberchlorür unter Entwicklung von Kohlensäure allmälig heraus und bildet die schönsten Krystallgruppen. Sogar wenn man eine solche klare Auflösung in gewöhnlicher Temperatur und einem lose bedeckten Gefäſse sich selbst überläſst, findet man nach Verlauf einiger Wochen, währenddeſs die Flüssigkeit eingetrocknet ist, die Bildung des Chlorürs und die Zersetzung der Ameisensäure vollkommen vor sich gegangen. Löst man nämlich die trockne Masse in Wasser auf, so bleibt Quecksilberchlorür ungelöst zurück, als kleine körnige Krystalle, von lichtgrauer, in's Veilchenblaue fallender Farbe, dem natürlichen Calomel sehr ähnlich, und in der Auflösung ist kein Quecksilber mehr vorhanden.

Zur Prüfung der Auflösung auf einen möglichen Hinterhalt von Quecksilber habe ich theils Kali, theils Schwefelwasserstoffgas angewandt, und bei allen den verschiedenen Auflösungen keine merkbare Spur davon gefunden. Das empfindlichste Reagenz ist doch immer der Geschmack, und so geprüft, zeigten die Auflösungen immer, daſs das Quecksilber vollkommen niedergeschlagen war.

Behandelt man hingegen das eben erwähnte Gemenge von Quecksilberoxydhydrat, Chlorkalium und Ameisensäure in fortgesetzter Kochhitze, so entsteht eine ganz andere Wirkung, wie das Folgende zeigen wird.

Wird eine siedendheiſse Auflösung von Quecksilberchlorid mit ameisensaurem Natron oder Kali versetzt, und die Flüssigkeit zwei oder drei Stunden lang in einer Temperatur von 70° bis 80° C. erhalten, so wird das Chlorid vollständig zu Chlorür reducirt, und dieses scheidet sich unter Entwicklung von Kohlensäure in schuppigen Kry-

stallen ab. Setzt man aber ein solches Gemenge entweder gleich oder erst nach Bildung und Abscheidung des Chlorürs der Siedhitze aus, so wird das Chlorür zum Metall reducirt, und zuletzt ist nichts anderes als reines metallisches Quecksilber ungelöst übrig.

Bei einer niederen Temperatur wird also die Hälfte des Chlors mit dem Kalium verbunden, und die Ameisensäure durch den Sauerstoff des Kalis zersetzt. In der Siedhitze aber vereinigt sich auch das Uebrige, d. h. der ganze Chlorgehalt mit dem Kalium, und die dem entsprechende Menge des ameisensauren Kalis wird in Chlorkalium und Kohlensäure umgewandelt. Mischt man also eine Portion Calomel mit einer abgewogenen, ihr entsprechenden Menge von ameisensaurem Kali, so wird das Chlorür vollkommen zersetzt, die Ameisensäure wird in Kohlensäure verwandelt und es bleibt in der Auflösung zuletzt nichts anderes übrig als Chlorkalium und metallisches Quecksilber.

Aus dem eben Angeführten folgt deutlich, dafs wenn das aus Quecksilberoxydhydrat, Chlorkalium und freie Ameisensäure gemachte Gemeng in der Siedhitze behandelt wird, statt reines Chlorür, nach und nach metallisches Quecksilber abgesondert wird.

Endlich mag hier noch in Bezug auf die Vergleichung des Verhaltens von Quecksilber und Kupfer bemerkt seyn, dafs eine Auflösung von Kupferchlorid, siedend mit ameisensaurem Kali oder Natron behandelt, einen lichtgrünen Niederschlag, wahrscheinlich sogenanntes basisches Chlorkupfer liefert, dafs aber, wenn Kupferchlorid siedendheifs mit ätzendem Kali gefällt wird, das niedergeschlagene Oxyd sich augenblicklich in Ameisensäure auflöst.

Aus diesen vorläufigen Bemerkungen läfst sich nun die eigentliche analytische Methode, Quecksilber und Kupfer mittelst Ameisensäure von einander zu trennen, sehr leicht herleiten.

Die erste Bedingung für diese Methode ist also, dafs

die Metalle im oxydirten Zustand sich befinden oder als Oxydhydrate aus ihrer Auflösung niedergeschlagen worden sind; und die zweite, dafs Kaliumchlorid (oder Natriumchlorid) zugesetzt werde, falls diese Verbindung nicht schon durch das Niederschlagen der Metalle gebildet worden ist. Das einfachste Verfahren ist demnach, die Verbindung, in welcher sich die Metalle befinden, in Salpetersäure aufzulösen, und, zur Umwandlung der Metalle in Chloride, mit Salzsäure zu versetzen, oder auch die Verbindung sogleich in Königswasser aufzulösen. Die Lösung wird jetzt zum Kochen erhitzt, mit ätzendem Kali bis zur merkbaren alkalischen Reaction gefällt, und mit einer gehörigen Menge Ameisensäure versetzt. Das Gemenge wird nun ein Paar Stunden lang in einer Temperatur von 70° bis 80° C. erhalten, oder lieber einen halben bis ganzen Tag einer niederen Wärme, etwa von 50° bis 60°, ausgesetzt, wo dann der ganze Gehalt an Quecksilber sich als Chlorür theils in Pulverform abgeschieden, theils in Schuppen herauskrystallisirt hat, und das Kupferoxyd von der Ameisensäure aufgenommen worden ist. Nach Verlauf der gehörigen Zeit filtrirt man das Gemeng, wo das Chlorür sich sehr leicht auswaschen läfst, und nur eine Temperatur von ungefähr 60° C. nöthig hat, um vollkommen wasserfrei zu werden.

Um sicher zu seyn, dafs kein Quecksilber sich mehr in der Auflösung befinde, setzt man die filtrirte Lösung wieder der früheren Wärme aus, wo, im Fall noch etwas Quecksilber vorhanden wäre, sogleich eine Trübung von Chlorür entsteht. Wenn diese nicht eintritt, kann man das Kupfer aus der Auflösung abscheiden, und zwar am vortheilhaftesten dadurch, dafs man die Auflösung, zum Vertreiben der Ameisensäure, mit Schwefelsäure oder Salpetersäure versetzt, die Auflösung zur Trockne abdampft, den Rückstand ein wenig erhitzt und wieder in Wasser löst. Wird die Lösung mit kohlensaurem Kali gefällt, zur Trockne abgedampft, der Rückstand ein wenig

erhitzt und in Wasser gelöst, so erhält man das Kupferoxyd, welches sich leicht sammeln und waschen läfst [1]).

Aus dem eben Angeführten ergeben sich also folgende Thatsachen als Hauptresultate:

1) Wird eine Auflösung von Quecksilberchlorid mit ameisensaurem Kali (oder Natron) versetzt und in einer gelinden Wärme von höchstens 70° bis 80° C. gehalten, so schlägt sich der ganze Quecksilbergehalt als Chlorür in schuppigen Krystallen nieder. Je niedriger die Temperatur ist, desto langsamer geschieht diese Ausscheidung, und bei dem angegebenen Wärmegrad ist sie in ein Paar Stunden vollständig beendigt. Die Hälfte des Chlors verbindet sich mit dem Kalium, und die Ameisensäure wird durch den Sauerstoff des Kalis in Kohlensäure umgewandelt.

2) Wird hingegen das genannte Gemeng einer anhaltenden Siedhitze ausgesetzt, so verbindet sich allmälig der ganze Chlorgehalt mit dem Kalium, das Quecksilber scheidet sich erst als Chlorür, aber bald als Metall aus, und eine doppelte Menge Ameisensäure wird in Kohlensäure verwandelt.

3) Eben so reducirt sich Quecksilberchlorür, wenn es mit der gehörigen Menge ameisensauren Kalis anhaltend in Siedhitze behandelt wird, zu Metall, und in der Auflösung entsteht blofs Chlorkalium, nachdem die ganze Ameisensäure als Kohlensäure fortgegangen ist.

4) Fügt man Quecksilberoxydhydrat zu einer Auflösung von Chlorkalium (oder Chlornatrium) und Ameisensäure, und setzt dieses Gemenge der Wärme aus, wie es unter No. 1 vorgeschrieben ist, so scheidet sich alles Quecksilber als Chlorür, theils in Pulver, theils als schuppige Krystalle aus, und in der Flüssigkeit bleibt blofs ameisensaures Kali und überschüssiges Chlorkalium gelöst.

1) Fällt man das ameisensaure Kupferoxyd unmittelbar mit kohlensaurem Kali, so bekommt man, wenigstens nach meiner Erfahrung, ein Oxyd, das durch das Filtrum geht, und sich schwer sammeln läfst.

5) Kann man bei chemischen Analysen Quecksilber und Kupfer leicht von einander trennen, wenn man von diesen Metallen als Chloriden eine Auflösung macht, dieselbe siedend mit ätzendem Kali fällt, und nachher mit Ameisensäure versetzt. In einer mäfsigen Wärme, von höchstens 70° bis 80° C. hat sich dann in etlichen Stunden alles Quecksilber als Chlorür niedergeschlagen und das Kupfer in der Ameisensäure gelöst, die Theorie hievon ist: der Sauerstoff des Quecksilberoxyds theilt sich; die eine Hälfte oxydirt das Kalium zu Kali, die andere das Kohlenoxyd der Ameisensäure zu Kohlensäure; das Chlor des Kaliums verbindet sich mit dem Quecksilber, und das gebildete Kali mit der Ameisensäure.

Es ist übrigens denkbar, dafs auch andere Metalle, deren Oxyde oder Oxydhydrate sich leicht in Ameisensäure lösen, Behufs von Analysen auf eine ganz analoge Weise vom Quecksilber getrennt werden können. Namentlich wird diefs ohne Zweifel der Fall seyn mit Kobalt, Nickel, Kadmium und Zink. Bis jetzt habe ich indefs keine Gelegenheit gehabt, Versuche darüber anzustellen.

VIII. *Analyse eines neuen aus drei Chloriden zusammengesetzten Doppelsalzes;*
von P. A. v. Bonsdorff.

(*Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1834).

Ausgehend von der Theorie, welche ich früher in besonderen Aufsätzen aufzustellen suchte [1]), und deren

1) *Ann. de chim. et de phys.* 1827, *T. XXXIV p.* 142. — *Kongl. Vet. Acad. Handl. f.* 1827, *p.* 174 und *f.* 1830, *p.* 117. (Ann. Bd. XVII S. 115 und 247. Bd. XIX S. 336.)

hauptsächlichster Zweck der war, zu zeigen, dafs Chlor, Brom und mehre Metalloïde, gleich wie der Sauerstoff, in ihren Verbindungen mit anderen Körpern die Rolle von säuren- und basenbildenden Elementen spielen, schien es mir sich auch vermuthen zu lassen, dafs die einfachen Salze, welche aus den binären Verbindungen der genannten Metalloïde mit elektro-negativen Metallen (und vermuthlich auch mit anderen Metalloïden) durch deren Vereinigung mit den Verbindungen derselben Metalloïde mit elektro-positiven Metallen entstehen, sich auch, wie die Sauerstoffsalze, unter einander zu doppelsalzartigen Verbindungen vereinigen lassen würden.

Da indefs die theoretische Ansicht von den bisher bekannten doppelten Sauerstoffsalzen oder von den Salzen, welche aus Sauerstoffsalzen und anderen binären Verbindungen zusammengesetzt sind, noch nicht für so klar und evident in allen Theilen gehalten werden möchte als es der Fall ist mit den einfachen Sauerstoffsalzen, und da diese Doppel-Verbindungen sich nicht immer auf den Grund von theoretischen Schlüssen bilden oder zusammensetzen lassen, sondern entweder Erzeugnisse von zufälligen und oft unter besonders zusammengesetzt wirkenden Umständen hervorgebrachten Processen sind, oder auch nur unter den, durch unendlich langsam wirkende Naturkräfte gebildeten Producten des Mineralreichs vorkommen, so mufs es noch viel schwerer seyn und werden, aus den Salzen, in welchen Chlor, Brom, Jod u. s. w. die Rolle des Sauerstoffs spielt (da diese bis jetzt noch in so geringer Anzahl dargestellt und so wenig studirt worden sind) Doppelsalze durch directe Versuche hervorzubringen. Da es mir jedoch auf solche Weise geglückt ist, eine hieher gehörige Verbindung, ein aus drei Chloriden und Wasser zusammengesetztes Salz, hervorzubringen, und dieses Salz sich überdiefs durch mehre eigenthümliche äufsere Kennzeichen auszeichnet, so glaube ich, dafs eine Analyse und Beschreibung dessel-

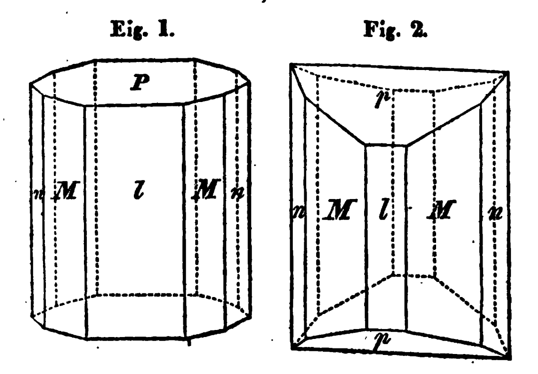
ben nicht ganz ohne Intéresse für die Chemiker seyn werde, und ich nehme mir daher die Freiheit dem Urtheile der K. Academie eine kurze Abhandlung darüber vorzulegen.

Das in Rede stehende Salz wird erhalten, wenn man krystallisirtes wasserhaltiges Kupferchlorid zu einer verdünnten Auflösung der Verbindung des Quecksilberchlorids mit Kaliumchlorid (*Chloro-Hydrargyras Kalicus*), sey es der intermediären oder der mit dem gröſsten Gehalt von Kaliumchlorid [1]), hinzusetzt. Das Kupferchlorid wird mit vieler Begierde von der Lösung aufgenommen, und man überläſst darauf das Gemenge einem freiwilligen Abdunsten. Das Doppelsalz fängt bald an anzuschieſsen, in meistentheils zusammengruppirten Krystallen von ausgezeichnet schön grüner Farbe, und der Ueberschuſs vom Chloro-Hydrargyrat oder vom Kupferchlorid krystallisirt hernach. Es ist hiebei ganz gleichgültig, welcher der Stoffe in Ueberschuſs hinzugekommen ist, aber ein Ueberschuſs von einem derselben ist zum Anschieſsen des Salzes nothwendig, oder von besonders vortheilhaftem Einfluſs; auch unterscheiden sich diese Körper durch ihre Krystallisation und Farbe leicht von dem Salze. Man kann daher auch Quecksilberchlorid und Kupferchlorid auf Gerathewohl zu einer Auflösung von Kaliumchlorid hinzusetzen, und erhält doch das Salz vollkommen angeschossen. Das Salz hat auch eine groſse Neigung zum Effloresciren; es bilden sich sehr schöne Dendriten in dünnen Blättern von olivengrüner Farbe, und wenn daneben auch das Chlorohydrargyrat oder das Kupferchlorid efflorescirt, so bilden sich an den Seiten des Glases Vegetationen, mit besonderen Nüancen von Grün, den herrlichsten, welche man unter Salz-Efflorescenzen nur sehen kann.

Die Krystallform besteht aus geraden rhombischen Prismen, welche durch Abstumpfung auch sechs- und zehn-

1) Annalen, Bd. XVII S. 123.

seitige Prismen bilden. Fig. 1 und 2 stellen die beson-



deren Abänderungen der Krystallform dar, an welcher, wenn sie am einfachsten ist, nur die Flächen *P*, *M* vorkommen und die Grundform bilden. Nach Hrn. Nordenskiöld's Messungen ist *P* zu *M* $=90°$, *M* zu *M* $=109° 23'$; *n* zu *n* $=70° 5'$ und *p* zu *p* ungefähr $=112°$; *M* zu $l=l$ zu *M*, und *n* zu $M=M$ zu *n*. Die Neigungen sind alle, mit Ausnahme der von *p* zu *p*, durch Spieglung gemessen. Zwischen *n* und *p* kam auch ein Mal eine Pyramidenfläche vor, die aber so undeutlich war, daſs sie ihrer Lage nach nicht bestimmt werden konnte. Zuweilen bilden sich Zwillingskrystalle durch eine Drehung, in rechtwinkliger Richtung auf *l*, wodurch, wenn zugleich die dazwischen liegende Fläche vorkommt, ein einspringender Winkel auf der Fläche *p* erscheint.

Die Charaktere des Salzes sind im Uebrigen folgende. Die Farbe ist schön grün, zwischen smaragdgrün und grasgrün, das Pulver hell grünlichgelb. Der äuſsere Glanz stark, glasartig. In gewöhnlicher Luft behält das Salz seine Farbe und seinen Glanz, in feuchter Luft aber erleidet es mit der Zeit eine Zersetzung auf der Oberfläche und es bildet sich auf dieser ein gelblicher Filz. In einer vollkommen mit Wasser gesättigten Luft zerflieſst es, und haarfeine oder strahlige weiſse Krystalle von,

wie es scheint, Chloro-Hydrargyras Kalicus schiefsen an. Mit kaltem Wasser übergossen, wird es gleichfalls zersetzt; die Krystalle bekommen eine weifse schimmernde Oberfläche, von einem entstandenen strahligen Beschlag, ohne Zweifel von (dem intermediären) Chloro-Hydrargyras Kalicus; und der flüssige Theil bekommt eine hellblaue Farbe. Von siedendem Wasser wird es ohne Zersetzung mit schön grasgrüner Farbe aufgelöst, und giebt bei Abdunstung in der Wärme oder bei augenblicklicher Abdunstung auf einer weiten Fläche wieder das grüne Salz. Kühlt man aber die warme Lösung schleunig ab, so schiefst das weifse strahlige Salz an und die übrige Flüssigkeit wird blau. Läfst man z. B. von derselben grünen Lösung einen Tropfen auf einen warmen Glasscherben fallen, und einen andern auf einen durch Schnee abgekühlten, so schiefst auf dem ersten das unzersetzte Salz mit grüner Farbe an, während sich auf dem letzteren augenblicks eine krystallisirte weifse Masse absetzt und eine bläuliche Flüssigkeit zurückbleibt. In absolutem Alkohol ist das Salz vollkommen unlöslich, aber in gewöhnlichem Weingeist löst es sich mit grasgrüner Farbe; aus letzterem schiefst beim Erkalten auch das weifse strahlige Salz an und die Flüssigkeit wird blau. Das Salz schmilzt in der Wärme und erhält eine gelbbraune Farbe, giebt Wasser ab, und bei stärkerer Wärme geht Quecksilberchlorid fort.

Die Analyse des Salzes wurde auf mehre Weise angestellt, und zuerst mit einer Portion derjenigen Krystalle, die aus einer mit Kalium-Chlorohydrargyrat in Ueberschufs versetzten Lösung angeschossen waren. Das Salz, 0,949 Grm. wiegend, wurde in einen ähnlichen Apparat eingelegt, wie er früher von mir bei Untersuchung der Chloro-Hydrargyrate angewandt wurde, bestehend in einem aus einer $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haltenden Glasröhre ausgeblasenen Kolben von etwa 6 Zoll Länge, dessen Boden mit einer Kugel und $2\frac{1}{4}$ Zoll davon mit ei-

ner kugelförmigen Erweiterung versehen, und dessen Hals zu einer Mündung von ¼ Zoll Durchmesser ausgezogen war [1]). Die Mündung wurde lose mit einem Kork bedeckt und das Salz vorsichtig erhitzt; das Wasser sammelte sich dann in der oberen Erweiterung und wurde von da zu der Mündung hinausgetrieben; das Quecksilberchlorid wurde darauf in den oberen Theil des Apparats sublimirt. Der Kolben wurde zwischen beiden Kugeln durchschnitten, darauf das sublimirte Quecksilberchlorid seinem Gewichte nach bestimmt, und der Rückstand in der unteren Kugel, bestehend aus Kalium- und Kupferchlorid, in Wasser gelöst, das mit einigen Tropfen Chlorwasserstoffsäure versetzt war. Das Kupfer wurde durch einen Strom von Schwefelwasserstoff gefällt, und der abfiltrirte Niederschlag in Salzsäure und Salpetersäure aufgelöst, die Lösung filtrirt, und darauf unter Kochen mit ätzendem Kali gefällt, dabei das Gemenge zur Trockne verdunstet und erhitzt, und darauf die Masse in Wasser gelöst, wobei das Kupferoxyd ungelöst blieb, welches nun gewaschen und geglüht wurde. Die nach Abscheidung des Schwefelkupfers zurückgebliebene, das Chlorkalium enthaltende Lösung wurde zur Trockne abgeraucht und der Rückstand ebenfalls geglüht. Das weiterhin unter No. 1 angeführte Resultat zeigt die Menge der auf die eben beschriebene Weise erhaltenen Bestandtheile.

Von dem bei Ueberschufs von Kupferchlorid in der Lösung angeschossenen Doppelsalz wurden zwei besonders abgewogene Portionen genommen und zu folgender Probe angewandt.

1,245 Grm. des Salzes wurden in heifsem Wasser gelöst, die Lösung verdünnt und mit Schwefelwasserstoff gefällt, darauf der Niederschlag abfiltrirt, die durchgegangene, das Kaliumchlorid enthaltende Lösung zur Trockne

1) Siehe die citirte Abhandlung in der *K. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1828, *p.* 181, und Fig. 2 der Tafel (S. diese Ann. Bd. XVII S. 120 und Fig. 10 Taf. I).

abgedunstet und der Rückstand geglüht. Er wog 0,392 Grm., entsprechend 31,48 Procent.

Die andere Portion wurde zu einer controlirenden Bestimmung des Quecksilber- und des Kupferchlorids angewandt, sowohl weil das Wasser und das erste dieser Chloride in der oben beschriebenen, durch Wärme bewerkstelligten Analyse könnten nicht mit hinreichender Genauigkeit abgeschieden und ihrer Menge nach bestimmt worden seyn, als auch weil der Wassergehalt beim Anschiefsen in Gegenwart eines anderen in Ueberschufs vorhandenen Salzes (des Kupferchlorids) möglicherweise verschieden seyn könnte.

Die genannten Chloride wurden ihrer Menge nach durch eine neue analytische Methode bestimmt, welche ich durch besondere vergleichende Versuche als ganz zweckmäfsig zur Trennung der genannten Metalle gefunden hatte, und die kürzlich in Folgendem bestand [1]).

Das abgewogene Salz, 1,015 Grm. wurde in kochendem Wasser gelöst, und unter Kochen durch ganz wenig in Ueberschufs hinzugesetztes ätzendes Kali gefällt. Die heifse Lösung wurde nun in kleinen Portionen nach und nach mit Ameisensäure versetzt, bis der gelbbraune Niederschlag (Kupferoxyd und Quecksilberoxydhydrat) nach Umschütteln sich unter Aufbrausen in ein weifses Pulver verwandelt hatte, bestehend aus Quecksilberchlorür. Die Auflösung wurde nun auf kurze Zeit bis zum anfangenden Sieden erhitzt, wo sich noch etwas Chlorür ausschied. Auf's Neue durch dasselbe Filtrum filtrirt, enthielt die Lösung alles Kupferoxyd verbunden mit Ameisensäure, während der ganze Quecksilbergehalt, in Chlorür verwandelt, auf dem Filtrum zurückblieb, auf welchem das-

1) Siehe den vorhergehenden Aufsatz. Die kleinen Unterschiede in dem Verfahren, wie es dort und hier angegeben ist, rühren davon her, dafs, als diese Analyse angestellt wurde, einzelne Umstände des Verhaltens der in Rede stehenden Körper noch nicht ganz vollständig ausgemittelt waren.

selbe leicht mit heifsem Wasser ausgewaschen und in einer Temperatur von 60° C. (ohne dafs eine Temperatur von über 100° C. eine weitere Veränderung hervorbrachte) getrocknet wurde; es wog nun 0,500 Grm., entsprechend 0,578 Grm. Quecksilberchlorid oder 56,95 Procent des Salzes. Die Kupferlösung wurde in der Wärme mit ätzendem Kali gefällt, aber da das gefällte Kupferoxyd eine Neigung zum Durchgehen durch das Filtrum zeigte, die Lösung zur Trockne verdunstet, der Rückstand geglüht, darauf warm mit Salpetersäure behandelt, die Flüssigkeit filtrirt und mit Kali gefällt. Abgedunstet zur Trockne, wieder aufgelöst und bis zum Schmelzen des Salpeters erhitzt, gab dieselbe Kupferoxyd, welches sich leicht auswaschen liefs und 0,056 Grm. betrug, entsprechend 0,0946 Grm. Chlorid, was 9,32 auf 100 Theile macht [1]).

Das Resultat der beiden analytischen Versuche wird also:

	I.	Chlor.	II.	Chlor.	Berechn.
Quecksilberchlorid	57,56	14,91	56,95	14,75	57,03
Kaliumchlorid	31,47	14,94	31,48	14,94	31,14
Kupferchlorid	8,00	4,22	9,32	4,92	9,33
Wasser	3,07		2,25		2,50
					100,00.

Bei Betrachtung des Chlorgehalts der einzelnen Chloride, auch der Menge des Wassers, besonders bei letzterem Resultat, findet man, dafs das Salz besteht aus: 3 Atomen Quecksilberchlorid, 3 Atomen Kaliumchlorid, 1 Atome Kupferchlorid und 2 Atomen Wasser. Da der Chlorgehalt der beiden ersten Chloride gleich ist, kann man es als ausgemacht ansehen, dafs diese näher verbunden sind, und folglich einen integrirenden Theil des Dop-

1) Richtiger wäre es wohl gewesen, die Ameisensäure mit Schwefelsäure oder Salpetersäure auszutreiben, und das Sulphat mit Kali zu bestimmen.

pelsalzes ausmachen. Was dagegen das Kupferchlorid und das Wasser betrifft, so kann man annehmen, dafs entweder jedes von ihnen für sich in das Salz eingeht, oder auch, was wahrscheinlicher ist, beide vereint zu einem Kupferchlorid-Hydrat, welches dann den andern Bestandtheil ausmachte. Im letzteren Fall würde die Zusammensetzung ausgedrückt durch:

$$3(Ka\mathrm{Cl}+Hg\mathrm{Cl})+(Cu\mathrm{Cl}+2\dot{H}).$$

Wiewohl die angeführte Formel begreiflichermafsen die Zusammensetzung des Salzes darstellt, so dürfte es doch nothwendig seyn, besonders für ähnlich zusammengesetzte Verbindungen, eine einfachere Bezeichnungsweise für die Chloride anzuwenden. Aus diesem Grunde mag es mir erlaubt seyn, in Gemäfsheit der von Berzelius für die Sauerstoffsalze und Schwefelsalze eingeführten Bezeichnungsweise vorzuschlagen, die Chloratome durch den Buchstaben *c* über dem chemischen Zeichen für den elektro-positiven Körper auszudrücken, so z. B. Kaliumchlorid durch $\overset{cc}{K}$, Quecksilberchlorid durch $\overset{cc}{Hg}$. Hienach würde die Formel für das beschriebene Salz:

$$\overset{cc}{Ka}\,\overset{cc}{Hg}+\overset{cc}{Cu}\,\dot{H}^2.$$

Vielleicht wird die Zusammensetzung dieses Salzes, nach dieser Formel dargestellt, etwas eigen in ihrer Art erscheinen. Indefs mangelt es nicht an Beispielen ganz analoger Verbindungen unter den bis jetzt bekannten Körpern von der Klasse der Sauerstoffsalze. So z. B. findet man unter den künstlich dargestellten Verbindungen, dafs das von Wöhler beschriebene Salz von salpetersaurem Silberoxyd mit Cyanquecksilber und Wasser eine ganz analoge Zusammensetzung hat; und unter den Producten des Mineralreichs scheinen mir der Topas und das sogenannte vanadinsaure Bleioxyd von Zimapan in Mexico in jeder Hinsicht ähnliche Zusammensetzungen zu seyn. Beide bestehen nämlich aus einem Sauerstoffsalz, verbunden mit einer Verbindung eines davon verschiedenen bi-

nären Körper (Chlorid oder Fluorid) und einem Oxyd; das oben beschriebene Salz dagegen ist gebildet aus einem Chlorsalz, vereinigt mit einer Verbindung von einem davon abgeschiedenen binären Körper (Wasser) und einem Chlorid. Bemerkenswerth ist es auch, dafs das genannte Salz und der Topas in ihrer Krystallform sehr viele Aehnlichkeit und Analogie zeigen, aufserdem, dafs sie beide zum prismatischen Krystallsystem gehören.

IX. *Ueber das Verhalten des Kohlenoxyds zu Kalium; von Justus Liebig.*

In meiner Abhandlung über die Constitution des Aethers (diese Annalen, Bd. XXXI S. 329) habe ich bei Gelegenheit der Zersetzung des Oxaläthers mit Ammoniak die Meinung ausgesprochen, dafs man das Kohlenoxyd als ein Radikal betrachten könne, von welchem Kohlensäure und Oxalsäure die Oxydationsstufen, das Phosgen die Chlorverbindung sey.

Der Verfolg dieser Idee hat mich zu den sonderbarsten und merkwürdigsten Resultaten geführt, die zu beweisen scheinen, dafs diese Aehnlichkeit sich nicht allein auf diese Verbindungen beschränkt.

Wenn man trocknes und kohlensäurefreies Kohlenoxyd über Kalium leitet, welches in einer weiten Glasröhre im Flufs erhalten wird, so verbinden sich beide mit einander, ohne Feuererscheinung; das Kalium wird im Anfange der Verbindung auf seiner Oberfläche grün, es breitet sich auf der ganzen Oberfläche der Röhre nach allen Richtungen hin aus, verliert seinen Metallglanz vollständig und wird zu einer schwarzen Masse, die sich leicht ablösen läfst. Wenn man diese Verbindung noch etwas warm an die Luft bringt, so entzündet sie sich mit einem Knall; mit Wasser zusammengebracht, löst sie sich darin

bis auf wenige schwarze Flocken auf, während sich ein Gas entwickelt, welches auf der Oberfläche der Flüssigkeit sich ebenfalls zuweilen entzündet.

Bringt man die schwarze Masse in eine mit Quecksilber gefüllte Glocke und läfst Wasser hinzutreten, so kann man das Gas unvermischt mit atmosphärischer Luft erhalten; die Auflösung geht in diesem Fall vor sich, ohne die geringste Explosion. Das Gas, was sich hierbei entwickelt, ist Wasserstoffgas, welches Kohle in chemischer Verbindung enthalten mufs, denn es brennt mit stark leuchtender Flamme, ganz wie ölbildendes Gas.

Wenn man die Kaliumverbindung in viel Wasser bringt, so ist die Auflösung tief rothgelb; diese Farbe verwandelt sich aber beim Abdampfen in eine blafsgelbe. Die Auflösung ist sogleich blafsgelb, wenn man gleich im Anfang wenig Wasser nimmt; sie schmeckt und reagirt stark alkalisch.

Beim Abdampfen an der Luft oder in gelinder Wärme setzen sich daraus lange prismatische Nadeln von glänzend goldgelber Farbe ab, ganz ähnlich in ihrem Ansehen dem kohlenstickstoffsauren Kali.

Wenn die Flüssigkeit, nachdem sie aufhört gelbe Krystalle zu geben, davon abgegossen und weiter verdunstet wird, so setzen sich daraus durchsichtige, farblose, rhomboïdische Krystalle ab, deren Menge beinahe eben so viel beträgt als die gelben.

Das gelbe Salz ist reines krokonsaures Kali, das farblose, neutrales kleesaures Kali.

Das krokonsaure Kali ist, wie man weifs, zufällig, als ein Product bei der Bereitung von Kalium nach der Methode von Brunner, von L. Gmelin entdeckt worden; seine Zusammensetzung, so wie sein Verhalten ist der Gegenstand einer Arbeit gewesen (L. Gmelin, diese Annal. Bd. IV S. 37), die aber über die Art seiner Bildung und Entstehung kein Licht verbreitet.

Beim Glühen von kohlensaurem Kali mit Kohle geht

mit dem Kalium ein Gas über, welches mit einem dikken grauen Nebel beladen ist, der sich in vorgeschlagenen Gefäfsen als eben so gefärbte Flocken absetzt.

Diese Flocken entzünden sich häufig von selbst an der Luft, oder wenn sie mit Wasser zusammengebracht werden; einige Wochen der Luft ausgesetzt, werden sie grün, gelb, zuweilen krystallinisch und roth. Ihre Auflösung in Wasser ist braungelb, und liefert bei gelindem Verdampfen eine Menge Krystalle von krokonsaurem Kali. Zuweilen hinterlassen die Flocken ein schwerlösliches cochenillrothes Pulver.

Aus der vollkommenen Gleichheit in dem Verhalten dieses Products mit dem, was man durch directe Verbindung von Kalium mit Kohlenoxyd erhält, geht unwidersprechlich hervor, dafs beide identisch sind. Bei der Kaliumbereitung sind alle Bedingungen zu seiner Bildung, nämlich Kohlenoxydgas und Kalium und eine erhöhte Temperatur vorhanden; ich habe überdiefs gezeigt (Schweigg. Bd. XLVII S. 114), dafs die Auflösung des Products der Kaliumbereitung, nachdem alles krokonsaure Kali herauskrystallisirt ist, bei fortgesetzter Verdampfung eine beträchtliche Menge von kleesaurem Kali liefert. L. Gmelin, obgleich er dieses Salz in seiner Abhandlung nicht erwähnte, bestätigte darauf (Ann. Bd. VII S. 525) das Vorhandenseyn von kleesaurem Kali in dieser Mutterlauge; die grofse Menge, die er bei verschiedenen Operationen erhalten hatte, erlaubte ihm, selbst Kleesäure daraus darzustellen, und ihr Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure und die bekannten Reagenzien entfernte jeden Zweifel gegen die wirkliche Bildung derselben unter so sonderbaren Umständen.

Die Zusammensetzung des krokonsauren Kalis ist von L. Gmelin ausgemittelt worden, aber der Weg, den er in der einen Analyse einschlug, und die geringe Menge der Substanz, die er in einer andern mit Kupferoxyd verbrannte (0,05 Grm.) geben keine Bürgschaft für ihre Rich-

tigkeit, insbesondere da die Zusammensetzung der mit dem Kali verbundenen Substanz sich mit unsern, gewöhnlich so engen, Vorstellungen nicht vereinigen liefs. Man wird sehen, dafs seine Analysen nichts zu wünschen übrig lassen.

Eine reelle Ungewifsheit über die Zusammensetzung der Krokonsäure wurde durch eine theoretische Vorstellung über ihre Entstehung begründet; L. Gmelin setzte nämlich voraus, dafs Wasserstoff zu ihren Elementen gehöre; dieser Wasserstoffgehalt wurde später von ihm in Zweifel gezogen (Ann. Bd. VII S. 526), ohne dafs man aber diese veränderte Ansicht für etwas mehr als eine Meinuung halten könnte.

Die Zusammensetzung des krokonsauren Kalis ist nach L. Gmelin folgende:

36,81 Kali
23,80 Kohlenstoff
25,54 Sauerstoff
15,28 Krystallwasser.

Daraus berechnete er die Formel $C_5 O_4 \overset{?}{H}_2 + KO$, in welcher er H_2, wie bemerkt, zweifelhaft liefs.

Ich habe das sorgfältig getrocknete Kalisalz mit Kupferoxyd verbrannt, und von 0,646 Grm. desselben 0,007 Grm. Wasser erhalten; darnach würden 0,100 Th. desselben 0,00012 Wasserstoff enthalten, was entscheidend beweist, dafs Wasserstoff zu den Bestandtheilen der Krokonsäure nicht gehört; ich bin völlig überzeugt, da bei dem Austrocknen der Mischung in der Röhre alle mögliche Sorgfalt angewandt wurde, dafs die 7 Milligrm. Wasser lediglich von atmosphärischer Luft herrühren, die man bekanntlich durch den Apparat nach der Verbrennung hindurchgehen läfst, um die darin enthaltene Kohlensäure herauszutreiben. Es wurden ferner von 0,646 Grm. kohlensaurem Kali 0,537 Grm. Kohlensäure erhalten.

Das Verbrennen dieses Salzes geht anfänglich sehr rasch vor sich; allein man ist genöthigt, zuletzt starkes

Feuer zu geben, weil die Kohle, welche bei der ersten Einwirkung des Feuers auf das Salz, gemengt mit kohlensaurem Kali zurückbleibt, von diesem vor der Verbrennung geschützt wird.

Das kohlensaure Kali verliert beim Glühen mit Kupferoxyd, nach den Versuchen von **Berzelius**, $\frac{1}{7}$ seiner Kohlensäure, man hat also $\frac{1}{7}$ der ganzen Quantität den obigen 0,537 Grm. hinzuzufügen.

100 Theile krokonsaures Kali hinterlassen 62,89 bis 63 Theile kohlensaures Kali. Daraus ergiebt sich denn, dafs 0,646 Grm. im Ganzen 0,636 Kohlensäure liefern.

Aus diesen Thatsachen ergiebt sich nun folgende theoretische Zusammensetzung des krokonsauren Kalis.

				Berechnet.	Gefunden.
5	At.	Kohlenstoff	382,185	27,83	27,41
5	-	Sauerstoff	500,000	36,46	36,86
1	-	Kalium	489,916	35,71	35,72
			1372,101	100	100.

oder:

					Gefunden.
1 At. Krokonsäure	5	At.	Kohlenstoff	27,83	27,41
	4	-	Sauerstoff	29,17	29,59
	1	-	Kali	43,00	43,00
				100	100.

So wie sein Verhalten in der Hitze zu erkennen giebt, kann das krokonsaure Kali fertig gebildet in der Verbindung nicht enthalten seyn, die man durch Erhitzen von Kalium in Kohlenoxydgas erhält; dieses Salz wird lange vor dem Glühen zersetzt, während die erwähnte Kaliumverbindung eine hohe Temperatur ohne Veränderung erträgt. Erhitzt man trocknes krokonsaures Kali, so bemerkt man sogleich eine Feuererscheinung, ein Verglimmen, welches sich durch seine ganze Masse verbreitet; es entwickelt sich kohlensaures Gas, und es bleibt ein Gemenge von Kohle mit kohlensaurem Kali zurück.

Es ist darnach vollkommen gewifs, dafs es erst dann entsteht, wenn die Kaliumverbindung mit Wasser zusammenkommt.

Nach der ersten Formel, welche ich oben gegeben habe, läfst sich das krokonsaure Kali als ein Salz ähnlich den Cyanverbindungen betrachten, in welchem das Kohlenoxyd die Rolle eines Radikals spielen würde. Die Krokonsäure wäre darnach eine Wasserstoffsäure, und ihr Verhalten scheint diese Meinung in mancher Hinsicht zu rechtfertigen. So z. B. wird eine Auflösung von krokonsaurem Kali durch Chlor sogleich farblos, ohne das geringste Aufbrausen; die Flüssigkeit enthält ein krystallisirbares, sehr auflösliches Salz, sie ist sehr sauer und reducirt Quecksilberoxyd in der Wärme zu Metall, während Kohlensäure mit Aufbrausen entweicht, so dafs darnach eine Verbindung des Radikals $C_5 O_5$ mit Sauerstoff, vielleicht auch Ameisensäure entstanden seyn könnte.

Diese Meinung ist aber wenig wahrscheinlich; denn sie setzt voraus, dafs das krokonsaure Kali als solches in der Verbindung von Kalium mit Kohlenoxydgas enthalten ist, was, wie oben bemerkt, nicht angenommen werden kann.

Wir wissen aber, dafs sich diese Verbindung, in Wasser gebracht, auflöst, indem das Wasser zersetzt wird; dafs ferner der Wasserstoff keine Verbindung mit dem Kohlenoxyd eingeht, denn er entweicht als Gas.

Wir wissen aufserdem, dafs neben der Krokonsäure noch eine andere Säure entsteht, nämlich Kleesäure, deren Bildung nothwendig mit der ersteren zusammenhängen mufs, und zwar so, dafs die Entstehung der einen die der andern bedingt.

Wenn man nun zur Zusammensetzung des krokonsauren Kalis $(5C+4O)+KO$
die Bestandtheile von kleesaurem Kali hinzufügt $(2C+3O)+KO$

so erhält man $(7C+7O)+2KO$.

nämlich eine Verbindung von Kohlenoxyd mit Kaliumoxyd.

Diese Verbindung wird aber als solche erst gebildet, wenn das ursprüngliche Product mit Wasser zusammengebracht wird; es ist vollkommen gewifs, dafs das Kali seinen Sauerstoff vom Wasser erhält, während der damit verbundene Wasserstoff entweicht. Die ursprüngliche Verbindung des Kaliums mit Kohlenoxyd kann nur die folgende Zusammensetzung haben:

$$7C + 7O + K \text{ oder } 2K.$$

Die Darstellung des Kaliums aus kohlensaurem Kali mit Kohle wäre ganz unmöglich, wenn das Kalium das Kohlenoxydgas zu zersetzen vermöchte. Man sieht aber nun aus dem Verhältnifs, indem sich beide verbinden, warum man nach dieser Methode überhaupt Kalium erhält und warum seine Quantität beschränkt ist.

Die Verbindung von Kalium und Kohlenoxyd, auch wenn man zu ihrer Darstellung noch so kleine Quantitäten von Kalium und einen grofsen Ueberschufs von Kohlenoxyd anwendet, entwickelt mit Wasser unter allen Umständen Wasserstoffgas. Man kann deshalb nicht voraussetzen, dafs die Wasserzersetzung von freiem Kalium bedingt würde.

Nach den Thatsachen, welche ich auseinandergesetzt habe, läfst sich die Enstehung der Krokonsäure und Kleesäure vollkommen genügend erklären; ich will nun jetzt zu einigen hypothetischen Folgerungen übergehen, welche auf frühere, obwohl unvollkommene Beobachtungen und auf einige Versuche von Gmelin gestützt sind.

Bei der Auflösung des Products der Kaliumbereitung der erwähnten grauen Flocken in kaltem Wasser bleibt häufig ein cochenillrothes Pulver zurück, welches schwerlöslicher ist als das krokonsaure Kali; die nämliche Verbindung wird ebenfalls bei der directen Verbindung von Kohlenoxyd und Kalium gebildet, was die Farbe der verdünnten Auflösung beweist.

Die Auflösung dieser rothen Materie in Wasser ist rothgelb; in fixen Alkalien ist sie mit blafsgelber Farbe löslich; ihre Auflösung in Wasser wird durch Zusatz von Aetzkali sogleich blafsgelb; beide alkalische Flüssigkeiten liefern beim Abdampfen, gleichgültig ob es an der Luft oder im luftleeren Raum über Schwefelsäure stattfindet, Krystalle von krokon- und kleesaurem Kali; es ist möglich, dafs dieser Körper eine Verbindung von

$$(7C+7O)+KO$$

ist, welche erst bei Gegenwart von freiem, und zwar von überschüssigem Kali in $(5C+4O)+KO$ und in $(2C+3O)+KO$ zerlegt wird; sie wird beim Erhitzen ohne Verglimmen leicht zersetzt und verkohlt, und diese Thatsache beweist wohl, dafs sie ebenfalls ein Product, und vielleicht das erste Product der Zerlegung der ursprünglichen Kaliumverbindung mit Wasser ist. Man könnte sie betrachten ähnlich wie die bleichenden Verbindungen des Chlors mit den Alkalien nach der nun verlassenen Ansicht, welche bei dem Erwärmen oder bei der Concentration auf der einen Seite zur Entstehung einer Oxydationsstufe des Chlors, und auf der anderen Seite zu einem Chlormetall Veranlassung geben. Doch diefs sind Ideen, welche neben positiveren Thatsachen keine Beachtung verdienen.

Die Analyse der Krokonsäure selbst, so wie die Untersuchung der Zersetzungsproducte des krokonsauren Kalis mit Chlor und Salpetersäure versprechen über ihre Natur den genügendsten Aufschlufs.

X. Neue Klasse von borsauren Salzen.

In einer der K. Academie vorgelegten, aber noch ungedruckten Abhandlung habe ich — sagt Berzelius in seinem Jahresbericht, No. 14 p. 147 des Originals — gezeigt, dafs die Borsäure eine eigene Klasse von Salzen bildet, in welchen der Sauerstoff der Säure sich zu dem der Base wie 3 : 1 verhält.

Wenn man eine Auflösung von Borax mit einer von kohlensaurem Natron vermischt und kocht, so wird, bei fortgesetztem Kochen, Kohlensäuregas ausgetrieben. Diefs beweist also, dafs der Borax nicht als eine neutrale Verbindung der Borsäure mit dem Natron angesehen werden kann.

Wenn man gleiche Atomgewichte von Borax und kohlensaurem Natron zusammen mengt und erhitzt, so erhält man eine aufgeschwollene Masse, welche nicht schmilzt, selbst nicht bei Weifsglühhitze, und worin der Borax all sein Wasser, so wie das Natronsalz all seine Kohlensäure verloren hat. Diefs ist folglich $\dot{Na}\dddot{B}$. Es löst sich leicht in Wasser und schiefst aus einer concentrirten Lösung in grofsen regelmäfsigen Kristallen an, welche 8 Atome Wasser enthalten. Das Salz schmeckt ätzend alkalisch und zieht an der Luft Kohlensäure an. Bei 57° C. schmilzt es in seinem Krystallwasser, gesteht aber nicht beim Erkalten, sondern kann mehre Tage bei 0° erhalten werden, ehe es anfängt zu krystallisiren, wobei es ganz und gar gesteht. Die dabei entstandenen Krystalle enthalten nur 6 Atome Wasser.

Mit Kali giebt die Borsäure ein entsprechendes Salz, welches aber zu leicht löslich ist in Wasser, als dafs es regelmäfsig angeschossen erhalten werden könnte. Es schmilzt bei starker Rothglühhitze.

Die wäfsrigen Auflösungen dieser Salze fällen aus den Auflösungen anderer neutralen Salze borsaure Salze von entsprechendem Verbindungsgrade.

XI. *Ueber das Ausbringen des Platins in Rufsland;*
von P. Sobolewskoy.

Kaiserl. Russ. Obersten im Berg-Ingenieur-Corps.

(Zur Vorlesung für die diefsjährige Naturforscher-Versammlung in Stuttgart bestimmt.)

Die Entdeckung des Platins auf russischem Gebiete bildet eine merkwürdige Epoche in der Geschichte dieses Metalls. Wie bekannt, ward es früher nur an zwei Orten in Südamerika gefunden, und die spanische Regierung hatte, aus Besorgnifs, dafs es schwer vom Golde zu unterscheiden sey, nicht nur dessen Ausfuhr gleich anfangs untersagt, sondern auch auf's Strengste befohlen, die ganze Menge des aus den Goldwäschen jährlich erhaltenen Platins öffentlich zu vernichten. Dieser Befehl war noch bis zum Anfang dieses Jahrhunderts in Kraft, und machte das Platin so selten, dafs dessen Anwendung im Leben ganz unterbleiben mufste. Durch die Bemühungen vieler Chemiker lernte man jedoch in der Folge die unterscheidenden Merkmale dieses Metalles kennen, und sah ein, wie ungegründet die Furcht gewesen, dafs man sich dessen zur Verfälschung des Goldes bedienen könne. Als diese Besorgnifs verschwunden war, wurde das Verbot der Ausfuhr des Platins aus Amerika nicht mehr beachtet, und so kamen um's Jahr 1808 in Frankreich Platingeräthschaften zum Vorschein, die sowohl ihrer Gröfse als ihres Zweckes wegen merkwürdig waren. Namentlich waren es Kessel, Kolben u. dergl. zum Fabrikgebrauch. Indefs blieb auch in dieser Zeit der Gebrauch des Platins beschränkt: eine natürliche Folge davon, dafs die gesammte Ausbeute an rohem Platin in Brasilien, Columbien, und später auch in Haiti, jährlich nicht mehr als 25 Pud ($8\frac{1}{2}$ Zentner) betrug.

In diesem Zustande befand sich die Gewinnung des Platins noch im Jahre 1822, zu der Zeit nämlich, als man dieses Metall in den Goldwäschen des Urals auffand. Im Jahre 1824 entdeckte man eigentliche Platingruben, und fing an sie zu bearbeiten. Seit der Zeit steigerte sich die Ausbeute dieses Metalls von Jahr zu Jahr bis zu ihrem jetzigen Betrage von 110 Pud (36 Zentner kölnisch) und darüber, jährlich. Rufsland, das sich nun im Besitz der ergiebigsten Platingruben der Welt befindet, und zwar nicht blofs in Bezug auf den Reichthum der Gruben, sondern auch rücksichtlich der Menge des daraus bezogenen Metalls, fand es im Jahre 1828 nicht schwer, die Bearbeitung des Platins und das Prägen von Münzen daraus, ohne fremde Hülfe zu bewerkstelligen. Durch diese Mafsregel wurde nicht nur der Werth des Platins festgesetzt, sondern auch eine sichere Stütze für das fortwährende Ausbringen desselben gewonnen.

In den ersten Jahren nach der Entdeckung der Platingruben war die Ausbeute an rohem Platin nicht sehr bedeutend; doch gewann man im Ganzen seit der Mitte des Jahres 1824 bis zum 1. Jan. 1834 mehr als 678 Pud oder nahe an 230 Centner köllnisch. Gewichts. Daraus wurden durch Bearbeitung nahe an 476 Pud reinen Plains ausgeschieden, und davon 400 Pud, d. h. mehr als 153 Centner, vermünzt, was bei dem festgesetzten Werth die Summe von acht Millionen, hundert sechs und achtzig tausend, sechs hundert und zwanzig (8 186 620) Rubel ausmacht. Nahe an 16 Pud wurden verbraucht, um Geschirre zur Scheidung des Goldes von Silber, so wie andere Sachen daraus zu verfertigen. Man hat kein Beispiel, dafs an andern Orten so grofse Massen von Platin verarbeitet worden wären. Und doch würde der Reichthum der uralschen Gruben noch eine bedeutend gröfsere Ausbeute erlauben, denn bis jetzt hat sich noch keine derselben erschöpft gezeigt; aber das eigene In-

teresse der Besitzer erheischt, dafs sie sich mit dem gegenwärtigen Quantum begnügen, indem sie jetzt eine gröfsere Anzahl Arbeiter den übrigen metallurgischen Betrieben Sibiriens nicht entziehen wollen.

Da ich hier nicht die Absicht habe, die Lagerstätten des Platins zu beschreiben, so begnüge ich mich zu bemerken, dafs das Platin bis jetzt am Ural nur lose im Sande gefunden worden ist, und dafs dessen reichste Fundorte in dem Bezirke der Tagilschen Gruben, den Erben des Nikolai Nikitisch Demidow gehörend, vorhanden sind. Sie streichen in geringer Tiefe unter einer Lage von Dammerde, bestehend aus feinem Gerölle, gemischt mit einem thonhaltigen grünlichen Sande, dessen Aussehen deutlich seinen Ursprung aus dem Verwittern nahe liegender Hornblendsteine, Grünsteine und Serpentin beurkundet. Diese Sandlagen enthalten von $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{3}{1000}$ an rohem Platin. Dieses bietet zuweilen das Ansehen feiner Körner dar; zuweilen sieht es flitterähnlich aus; aber nicht selten findet man Stücke, die durch ihre Gröfse merkwürdig sind. Im Juni 1827 wurde ein Stück Platin gefunden, welches 10 Pfund 54 Solotnik wog, und im März 1831 ein anderes von 19 Pfund $52\frac{1}{2}$ Solotnik. Nachdem wurden noch gefunden ein Stück von 20 Pfund 34 Solotnik, eins von 19 Pfund und 24 Solotnik, und zwei Stück von mehr als 13 Pfunden.

Das rohe Platin vom Ural ist, seiner Zusammensetzung nach, dem amerikanischen sehr ähnlich; gleich jenem zählt man drei verschiedene Arten, die sich unter einander durch ihren Gehalt an reinem Platin unterscheiden. Man findet darin die gewöhnlichen Begleiter des Platins, nämlich Palladium, Iridium, Osmium und Rhodium. Das Verhältnifs dieser Metalle ist durch die genauen Untersuchungen von Berzelius bestimmt worden. Die oben erwähnten drei Arten des Platins sind:

1) *Das rohe Platin von Goro-Blagodat.* Es findet sich im Bezirke der Goro-Blagodatschen Kronsberg-

werke; im Ansehen gleicht es einem gleichartigen grauen Sande, in dem man hin und wieder, doch selten, etwas abgeschliffene Flittern findet. Dieses Erz enthält bis 88 Proc. an reinem Platin. Die jährliche Ausbeute davon beträgt 1 bis 3 Pud. Aehnliches rohes Platin findet sich auf den Ländereien der Gräfin Polier, wo man ungefähr 4 Pud jährlich ausbringt.

2) *Das rohe Platin von Tagil* findet sich am höchsten Kamme des Uralschen Bergrückens, auf den Gütern der Erben des N. N. Demidow; es findet sich als grobkörniger schwarzer Sand, meist aus eckigen Körnern bestehend. Manchmal finden sich darin Stücke rohen Platins von ansehnlicher Gröfse; diese sind zuweilen dicht, zuweilen haben sie das Ansehen kleiner, an einander gehäufter Massen. Es enthält bis 70 Proc. reines Platin und von 3 bis 5 Proc. Iridium; das letzte übrigens hängt von der Sorgfalt beim Auswaschen ab, denn der gröfste Theil des Iridiums findet sich darin in Verbindung mit Osmium als feinstes schwarzes Pulver, welches das graue Platin begleitet. Manchmal bekommt man beim Auswaschen des Sandes dieses schwarze Pulver mit dem Platin zugleich; manchmal aber wäscht man es sorgfältig weg. Es ist natürlich, dafs in diesen beiden Fällen der relative Gehalt des Platins und Iridiums nicht gleich seyn kann. Von dieser Art des rohen Platins werden jährlich mehr als 100 Pud (nahe 34 Centner) gewonnen. Die Besitzer dieser Platingruben entrichten jährlich der Krone 15 Proc. an rohem Platin von der Menge ihrer Ausbeute als Grundsteuer für die Ländereien, auf denen sich ihre Bergwerke befinden, die ihren Voreltern unentgeltlich angewiesen waren.

3) *Das Osmium-Iridium,* welches an verschiedenen Orten des uralschen Bergrückens in einer Erstrekkung von mehr als 500 Werst sich findet, erscheint gewöhnlich in Gestalt flacher glänzender Körner, und enthält nicht mehr als 4 bis 10 Procent an reinem Platin.



Man erhält diefs Osmium-Iridium bei den Goldwäschereien, wo es keinen Gegenstand besonderer Bearbeitung ausmacht. Es werden jährlich ungefähr 2 Pud ausgebracht. Unter dieser Zahl befindet sich das rohe Platin von Slatoust, Werch-Isetsk, Newiansk, Bilimbajewsk und einiger anderer Bergwerke.

Nicht blofs die oben erwähnte Seltenheit des Metalls stand der schnellen Verbreitung seines Gebrauchs entgegen, sondern es kostete auch viele Mühe, um die Schwierigkeit zu überwinden, auf die man stofsen mufste, das Platin rein auszuscheiden, und es aus einem seiner Zusammensetzung nach so complicirten und so streng schmelzbaren Erze, das nur der Einwirkung der kräftigsten Säuren nachgiebt, in schmiedbaren Zustand zu versetzen. Unter den vielen Mitteln, die vorgeschlagen wurden, das Platin in schmiedbaren Zustand zu versetzen, bediente man sich lange ausschliefslich des vom französischen Juwelier Jeannetty angegebenen Verfahrens. Es gründet sich auf die Leichtigkeit mit der das Platin mit Arsenik zusammenschmilzt. Es ist bekannt, dafs man diese Verbindung röstete, und, nach Verflüchtigung allen Arseniks, durch Schweifsen in hämmerbares Platin verwandelte. Dieses Mittel wurde in der Folge theils wegen seiner Unanwendbarkeit auf die Bearbeitung gröfserer Massen, theils auch wegen der Gefahr, der es die Arbeiter aussetzte, gänzlich verlassen. Statt dessen erfanden die HH. Bréant in Paris und Wollaston in London andere Mittel das Platin zu bearbeiten. Beide beschäftigten sich damit, jeder für sich, viele Jahre hindurch mit grofsem Erfolge, hielten aber die von ihnen eingeschlagenen Wege geheim.

Bei der Vorkehrung zur Platinbearbeitung in Rufsland wurden, um den Werth der verschiedenen bekannten Verfahrungsarten zu prüfen, vergleichende Versuche wiederholentlich angestellt. Obgleich damals über die Verfahrungsarten von Bréant und Wollaston noch nichts bekannt geworden war, so zeigte jedoch bald eine

genaue Beachtung der Einwirkung einer hohen Temperatur auf den Platinschwamm die Handgriffe, die nöthig waren, um den gewünschten Zweck zu erreichen. Im Jahre 1826 wurden im Laboratorium des Bergcorps zu St. Petersburg sehr befriedigende Versuche angestellt, um das Platin in schmiedbaren Zustand zu versetzen, ohne die mindeste Kunde von dem Verfahren zu haben, welches Bréant und Wollaston anwandten. Seit jener Zeit wird die Bearbeitung des sämmtlichen in Rufsland gewonnenen Platins fortwährend und in grofsen Massen in der genannten Anstalt vollzogen. Die Handgriffe, die dazu gebraucht werden, sind, wie es scheint, zur gröfsten Einfachheit, Sicherheit und Wohlfeilheit gebracht worden. In einigen Zeitschriften sind Nachrichten über die Scheidung des rohen Platins in Petersburg mitgetheilt worden; da sie aber sämmtlich aus flüchtigen Reisebeschreibungen entnommen worden, so sind ihre Angaben theils unrichtig, theils verworren.

Da ich mich gleich vom Anfange an, im Auftrage der Regierung, mit dieser Bearbeitung beschäftigt habe, so bin ich im Stande die Fehler, die ich in den früheren Beschreibungen dieser Bearbeitung gefunden habe, zu berichtigen, und zu diesem Zwecke theile ich folgende vollständige Beschreibung des ganzen Verfahrens mit, so wie es im Laboratorium des Bergcorps in St. Petersburg angewandt wird, um rohes Platin zu reinigen und in den schmiedbaren Zustand zu verwandeln.

Im Jahre 1828 machte Wollaston, kurz vor seinem Ende, das von ihm angewandte Verfahren bekannt [1]). Es erhellen daraus einige Unterschiede zwischen diesem und unserer Verfahrungsart. Ich werde mich bemühen die Gründe auseinanderzusetzen, die mich bestimmten, die von mir angewandten Handgriffe vorzuziehen.

Die Bearbeitung des rohen Platins zerfällt in zwei

1) S. diese Annal. Bd. XVI S. 158.

gesonderte Processe; der erste hat zum Gegenstande, das Platin zu reinigen oder es von fremden Bestandtheilen zu scheiden; die zweite aber das schon gereinigte Platin schmiedbar zu machen. Um reines Platin zu erhalten löst man das rohe Platin, mit Hülfe der Wärme, in Königswasser auf; dieses ist zusammengesetzt aus 3 Theilen Salzsäure und 1 Theil Salpetersäure. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs es am vortheilhaftesten ist, wenn die Salzsäure 25° und die Salpetersäure 40° Beaumé zeigt. Die Auflösung geschah früher in gläsernen Retorten mit Recipienten und Woulff'schem Apparat, um die sich verflüchtigende Säure aufzufangen. Die Schwäche der erhaltenen Säure, ihre geringe Menge, die Schwierigkeiten auf die man bei dem zufälligen Springen der Retorte stiefs, nöthigten mich diese Mafsregel zu verlassen, so dafs das Auflösen jetzt in offenen Porcellanschalen von 25 bis 35 Pfund Inhalt geschieht. Diese Schalen werden, mit einer hinlänglichen Quantität Säure und Platin gefüllt, in einem Sandbade aufgestellt, wo deren 30 Stück Platz finden. Das Sandbad befindet sich unter einem Mantel, der von allen Seiten mit verschiebbaren gläsernen Fenstern verschlossen wird. Der Mantel ist mit Abzugsöffnungen versehen, so dafs während der ganzen Dauer der Auflösung die salpetrichte Säure so wie auch andere saure Gasarten in die Atmosphäre hinausgeschafft werden und sich nicht im mindesten im Laboratorium verbreiten. Die verschiebbaren gläsernen Fenster erlauben den ganzen Procefs in den Schalen zu übersehen, ohne dafs das Athmen der Arbeiter beschwert wird.

Das Erwärmen der Schalen dauert 8 bis 10 Stunden oder bis die Entwicklung rother Dämpfe aufhört, weil sich dann schon kein Chlor mehr entbindet, indem alle Salpetersäure vernichtet ist. In diesem Zustande enthalten die Auflösungen noch einen grofsen Ueberschufs an Salzsäure, der aber unentbehrlich ist, um bei dem nach-

folgenden Niederschlagen mit Salmiak den gröfsten Theil des Iridiums, so wie auch noch einige andere Chlorverbindungen in der Auflösung zurückzuhalten.

Nach geschehener Auflösung und hinlänglichem Abstehen der Flüssigkeit wird sie in grofse Zuckergläser abgegossen und darin mit Salmiak niedergeschlagen. Die hiedurch erhaltenen Niederschläge werden, nachdem sie sich gehörig gesetzt haben, mehrere Male durch Dekantiren mit kaltem Wasser ausgewaschen, dann getrocknet und endlich in Platinschalen geglüht. Auf diese Weise erhält man das Platin in schwammigem Zustande. Der Grad seiner Reinheit hängt vorzüglich von zwei Umständen ab: erstens, dafs die Auflösung immer einen hinlänglichen Ueberschufs an Säure enthalte, wodurch das zugleich mit dem Platin aufgelöste Iridium beim Niederschlagen mit Salmiak in der Auflösung zurückgehalten wird, und zweitens davon, dafs die Niederschläge von Platinsalmiak sorgfältig mit einer grofsen Menge Wasser ausgewaschen werden. Hiedurch wird allerdings die Menge des Aussüfswassers bedeutend vermehrt, und das Abdampfen desselben ist der weitläufigste Theil der ganzen Verarbeitung; es wird aber dadurch aufgewogen, dafs auf diese Weise der Platinsalmiak von aller Beimischung fremder Chlormetalle gereinigt wird; entfernte man diese aber nicht durch gehöriges Auswaschen, so würde sich ihre schädliche Einwirkung bei dem nachherigen Verwandeln des Platins in den schmiedbaren Zustand zeigen.

Die Aussüfswässer werden in zwei Theile getheilt und besonders bearbeitet. Die erstern nämlich, welche aus einem Gemenge von Platinlösung und Salmiak bestehen, werden in Glasretorten gethan und im Sandbade auf ein Zwölftheil ihres ursprünglichen Raumes eingedampft, dann schlägt sich beim Erkalten dieser Flüssigkeit Iridium-Salmiak theils in der Gestalt eines dunkel purpurrothen, fast schwarzen Pulvers, manchmal aber in der Gestalt regelmäfsiger Octaëder nieder.

Die übrigen Aussüfswässer des Platin-Salmiaks dampft man in Porcellanschalen zur Trockne ab; der erhaltene Rückstand wird geglüht, und darauf mit Säuren, so wie das rohe Platin, behandelt. Das aus dem Aussüfswasser erhaltene Platin ist selten hinlänglich rein, sondern mufs gewöhnlich von Neuem aufgelöst werden; ohne diese Vorsichtsmafsregel wird es zum Schmieden untauglich. Beim abermaligen Auflösen dieses Schwamm-Platins erhält man gewöhnlich ein Wenig Iridium als unauflöslichen Rückstand.

Hier will ich das Verfahren von Wollaston mit dem meinen vergleichen. Er schlägt vor, zur Auflösung des rohen Platins gewöhnliches Scheidewasser zu gebrauchen, und die Salzsäure mit der gleichen Menge Wasser zu verdünnen. Durch drei bis vier Mal 24stündige Digestion des rohen Platins vermeidet er das Auflösen des Iridiums. Es ist möglich, dafs, wenn man im Kleinen arbeitet, dieses Mittel dem gewünschten Zweck entspricht. Wenn man aber im Grofsen arbeitet, würde dadurch, wenn auch die ersten Auflösungen weniger Iridium enthielten, doch der Ueberrest von rohem Platin einen gröfseren Gehalt an Iridium besitzen, und dessen Menge dadurch in den nachfolgenden Auflösungen noch gröfser seyn; denn die Auflösung dieses Metalles geschieht im Verhältnifs zu der Menge, die das rohe Platin davon enthält. Ueberdiefs zeigt die Erfahrung, dafs die Gegenwart des Iridiums in den Auflösungen des Platins nur dann schädlich auf die Reinheit des zu erhaltenden Platins einwirkt, wenn in der Auflösung kein hinreichender Ueberschufs von Säure vorhanden ist, und wenn die Niederschläge des Platin-Salmiaks nicht hinlänglich ausgewaschen worden. Die Anwendung schwacher Säuren ist mit einem grofsen Zeitaufwande verknüpft, da hingegen die starken Säuren, obgleich sie einen Theil des Iridiums mit dem Platin auflösen, das einfachste und billigste Mittel darbieten, dieses Metall aus dem Erze

zu gewinnen. So sind, indem man im Laboratorium des Bergcorps das rohe Platin auf diese Weise bearbeitet, zugleich mehrere Pud metallisches Iridium erhalten, welches einen aufserordentlichen Kosten- und Müheaufwand erfordert hätte, wenn man eine solche Menge durch die bekannten Mittel hätte ausscheiden wollen.

Die Auflösung eines Theiles Platin verlangt von 10 bis 15 Theile Königswasser von der oben angegebenen Zusammensetzung. Dieses hängt von der Gröfse der Körner des rohen Platins, so wie auch von ihrem Gefüge ab. Das Platin von Tagil, das in grofsen Stücken vorkommt, verlangt zu seiner Auflösung viel mehr Säure als die feinkörnige Gattung des gleichnamigen Platins.

Das Verwandeln des gereinigten Platins in den geschmiedeten Zustand, geschieht im Laboratorium des Bergcorps auf folgende Weise: Platinschwamm von gehöriger Reinheit wird in einem messingenen Mörser mit einem ebenfalls messingenen Pistill zerrieben und dann durch ein feines Sieb gesiebt. Mit dem durchgesiebten Pulver füllt man eine gufseiserne cylindrische Form von der Gröfse wie man das Stück Platin zu haben wünscht.

In diesen Formen wird, mittelst eines hineinpassenden stählernen Stempels und einer mächtigen Schraubenpresse, das Platinpulper stark zusammengedrückt, und wenn nach wiederholten Schlägen der Presse der Platinschwamm hinlänglich zusammengeprefst scheint, so drückt man es aus der Form, und erhält gewöhnlich ein festes Stück Platin in der Gestalt eines niedrigen Cylinders. Obgleich das Platin in dieser Gestalt dem Ansehen nach schon dicht erscheint, so haben defsungeachtet die Theile nur schwachen Zusammenhang, so dafs es beim Schlagen mit einem harten Körper zerbröckelt. Wenn sich eine hinreichende Menge solcher Scheiben angehäuft hat, werden sie in einem Porcellanofen geglüht. Das Glühen geschieht zugleich mit dem Brennen von Porcellan und dauert daher nahe an $1\frac{1}{2}$ Tage. Wenn das Platin gut gereinigt, und besonders wenn es gut ausgesüfst war, sind

die auf oben erwähnte Weise geglühten Stücke schon sehr schmiedbar und zu jedem Gebrauch tauglich.

Es ist bemerkenswerth, dafs, so sehr ungeglühtes Platin auch zusammengeprefst worden seyn mag, es doch beim Glühen bedeutend am Volumen abnimmt. Eine Scheibe von Platin, welche nach dem Herausnehmen aus der Form 4 Zoll Durchmesser und $\frac{3}{4}$ Zoll Höhe besafs, nahm beim Glühen um $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser und $\frac{1}{4}$ Zoll in der Höhe ab.

Das geglühte Platin wird hernach zu Barren geschmiedet, oder zu Blättern von verlangter Gröfse und Dicke ausgewalzt. War es gut behandelt, so erfordert das Schmieden desselben keine besondere Rücksicht. Reisende, die das Bergcorps mit ihrem Besuche beehrten, haben dort Gelegenheit gehabt, verschiedene Arten von Platingegenständen zu sehen, welche hinlänglich beweisen, dafs in Hinsicht auf die Eigenschaften des in Rufsland bereiteten Platins nichts zu wünschen übrig bleibt.

Im Laboratorium des Bergcorps sind die Arbeiten so geordnet, dafs man an jedem Werktage 1 Pud rohes Platin reinigen und das daraus erhaltene reine Platin zu Barren schmieden kann. Obgleich oben gesagt worden ist, dafs bis zum 1. Januar 1834 an 476 Pud reines Platin erhalten worden sind, so haben sich, sowohl beim Verwandeln dieses Platins zur Münze, als auch zu anderem Gebrauch mehr als 150 Pud Abfälle angehäuft. Diese mufsten, gleich dem rohen Platin, wieder in Säuren aufgelöst und ebenfalls bearbeitet werden.

Man rechnet beim Bearbeiten von einem Pfunde geschmiedeten Platins nahe an 29 Rub. Unkosten; jedoch ist von dieser Summe jedes Mal noch erspart worden.

Hieraus kann man sehen, in welch grofsem Maafsstabe man heut zu Tage das Platin in Rufsland verarbeitet, und zu welcher Einfachheit dieser Procefs, der den Metallurgen so viele Mühe machte, gebracht worden ist.

XII. *Versuche über die Wirkung von Wasser und Luft auf Blei; vom Kapitain Philip Yorke.*

(*Phil. Mag. Ser. III Vol.* 5 *p.* 81. Auszug.)

Diese Versuche haben zu folgenden Resultaten geführt:

1) In reinem luftfreiem Wasser oxydirt und löst sich das Blei nicht; es behält darin, bei Ausschlufs der Luft, Wochen lang eine blanke Oberfläche, und ist daher ein empfindliches Reagenz für die Reinheit des Wassers [1]) wie das Eisen unter gleichen Umständen.

2) Wenn blankes Blei in destillirtes lufthaltiges Wasser von gewöhnlicher Temperatur gebracht wird, so verwandelt es sich, selbst wenn es chemisch rein ist, in Oxydhydrat, von welchem sich ein Theil, etwa $\frac{1}{12000}$ vom Gewicht des Wassers löst. Die Lösung, welche bei Umschütteln des Gemenges schon nach einigen Minuten zu Stande kommt, reagirt auf Kurkumä- und geröthetes Lackmuspapier alkalisch, und wird von Schwefelwasserstoff, Schwefelsäure, Salzsäure, den Salzen dieser Säuren u. s. w. getrübt und gefällt. (Die Auflöslichkeit des Bleioxyds in Wasser war schon Scheele bekannt.)

3) Aufser dieser Lösung bilden sich bei Ruhe schon nach einigen Tagen, besser noch nach einigen Monaten zwei feste Producte, zuerst eine sehr leichte krystallinische Substanz, welche entweder ein Gemeng oder ein Gemisch von Bleioxydhydrat und kohlensaurem Bleioxyd zu gleichen Atomgewichten ist [2]), und darauf wasser-

1) Dasselbe fand bereits v. Bonsdorff (Ann. Bd. XXXII S. 573). S. auch Marshall Hall (Ann. Bd. XIV S. 145).

2) Hr. Yorke untersuchte zwei Portionen dieser zuvor im Vacuo über Schwefelsäure getrockneten Krystalle, die eine 1,688 und

freies Oxyd in grauen blättrigen Krystallen und kleinen weifsen Dodecaëdern [1]).

4) Wenn geringe Mengen von Salzen in dem Wasser aufgelöst sind, so verhindern sie die eben angeführte Wirkung auf das Blei; es bildet sich kein Hydrat, und es löst sich auch kein Blei, sondern dieses bekleidet sich nur langsam mit einer Kruste von Oxyd. (Diefs hat schon Guyton de Morveau gefunden.)

5) In einer abgeschlossenen, mit Wasserdämpfen beladenen Atmosphäre, und besonders in Berührung mit organischen hygrometrischen Substanzen scheint aber das Blei sich mit seinem Carbonat zu überziehen, wie es der Fall war mit den Kartätschenkugeln, welche Hr. Faraday untersuchte (*Journ. of Scienc. T. XVI p.* 163), und der Aufsenwand eines Wasserbehälters, dessen Herr Becquerel gedenkt (*Annales de chim. et de physiq. T. LIV p.* 146).

6) Kohlensäure in luftfreiem reinem Wasser gelöst, wirkt nicht auf das Blei, löst auch keine wägbare Menge seines Oxyds, sobald dieses in Ueberschufs vorhanden ist, vermag aber ein wenig kohlensauren Oxyds zu lösen, wahrscheinlich jedoch weniger als ein Viertel des Aequivalents von dem im Wasser auflöslichen Oxyd.

7) Das einzige Quellwasser, welches Hr. Y. untersuchte und Bleioxyd gelöst hatte, war frei von Kohlensäure.

8) In Bezug auf ökonomische Zwecke wird man wahrscheinlich finden, dafs diejenigen Quellwässer, wel-

die andere 1,314 Gran wiegend, indem er sie in einer Röhre glühte, das fortgehende Wasser mit Chlorcalcium auffing, und den übrigen Verlust für Kohlensäure nahm. Dadurch bekam er Resultate, die annähernd zu der Formel $Pb\ddot{C}+Pb\dot{H}$ pafsten.

1) Letztere Krystalle hat Houton-Labillardière aus einer Auflösung von Bleioxyd in Aetznatron, und Becquerel (*Annal. de chim. et de phys. T. LI p.* 104) durch Erhitzen von Bleioxyd mit reinem Kali erhalten.

che am meisten auf Blei wirken, auf Eisen am schwächsten wirken, und so umgekehrt.

9) In der einfachen Kette aus Blei, Eisen und Wasser (destillirtem Wasser und Quellwasser, auch Salzauflösungen, verdünnten Säuren, Kalkwasser, oder verdünnten Lösungen von Aetzkalien) ist, wenn beide Metalle blank sind, das Blei positiv gegen das Eisen, wie es schon Volta fand (*Ann. de chim. T. XL p.* 243); hat das Blei aber eine oxydirte Oberfläche, so wird es negativ gegen Eisen und Kupfer.

XIII. *Der Brevicit, ein neues Mineral.*

P. Ström hat mir — sagt Berzelius in seinem Jahresbericht, No. 14 p. 179 — ein Mineral aus der Umgegend von Brevig in Norwegen übersandt, welches eine Blasenausfüllung in einem trachytischen Gestein gewesen zu seyn scheint. Es ist eine weifse, blättrig strahlige Masse, welche auf der Innenseite der Höhlung in regelmäfsige prismatische Krystalle mit zunehmender Durchsichtigkeit übergeht. Es findet sich überdiefs durchzogen von breiten dunkelrothen und selbst schmutzig graurothen Streifen. Sondén hat dasselbe in meinem Laboratorium analysirt, und dasselbe zusammengesetzt gefunden aus: Kieselerde 43,88, Thonerde 28,39, Natron 10,32, Kalk 6,88, Talkerde 0,21 und Wasser 9,63, aufser 0,79 Verlust. Darnach bekommt es die Formel:

$$\left.\begin{matrix}\dot{Na}^3\\ \dot{Ca}^3\end{matrix}\right\} \dddot{Si}^2 + 3\dddot{A}\,\dddot{Si} + 6\dot{H}$$

und ist folglich ein neuer Zeolith, welcher seinen Platz im Mineralsystem am natürlichsten vor dem Prenith findet. Ich habe diefs Mineral *Brevicit* genannt.

1834. ANNALEN №. 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

XIV. *Ueber Meteorsteine; von J. J. Berzelius.*

(Schlufs der Abhandlung S. 32.)

IV. Meteorstein von Alais.

Der Fall dieses Meteorsteins ereignete sich am 15. März 1806 um 5½ Uhr Nachmittags in der Nachbarschaft von Alais in Frankreich. Es wurden zwei Knalle gehört und es fielen zwei Steine nieder, der eine bei St. Etienne de Lolm und der andere bei Valence, beides Dörfer, das erstere 4½, das letztere 2 Lieues von Alais entfernt. Bei Valence schlug der fallende Stein einen Ast von einem Feigenbaum. An beiden Orten wurde der Fall von glaubwürdigen Personen bezeugt, welche die Steine auflasen. Der erste wog acht, der letztere ungefähr vier Pfund. Sie zersprangen beim Fall. Dieser Stein ist von allen andern verschieden. Er gleicht einem verhärteten Thon und zerfällt in Wasser mit Thongeruch. Thénard, welcher ihn zuerst untersuchte, fand darin, aufser den gewöhnlichen Bestandtheilen der Meteorsteine, eine Portion Kohle, welche Angabe später auch Vauquelin bestätigte [1]).

Durch den französischen Mineralogen Lucas habe ich eine ganz geringe Probe von diesem Meteorstein erhalten, dieselbe aber immer für einen Brocken der Akkererde angesehen, auf welche der Stein herabfiel. In diesem Argwohn wurde ich bestärkt durch das Verhalten der Masse zum Wasser bei der Vorbereitung zur Analyse, und ich war nahe daran, sie ganz fortzuwerfen. Ehe ich aber dazu schritt, las ich die Urkunden darüber nach, und fand deren Angaben so übereinstimmend mit dem, was ich vor mir hatte, dafs ich mit um so grö-

1) Gilb. Annal. der Physik, Bd. XXIV S. 193.

ſserem Interesse die Untersuchung fortsetzte. Es entstand nämlich die Frage: Enthält diese kohlenhaltige Erde wohl Humus oder eine Spur von andern organischen Verbindungen? Giebt dieſs möglicherweise einen Wink über die Gegenwart organischer Gebilde auf anderen Weltkörpern?

Ich will hier zunächst eine kurze Beschreibung des Steines geben, nach dem Stück, welches ich davon besitze. Die Farbe ist schwarz, etwas in's Graue fallend, mit dichten, feinen, weiſsen Punkten oder einem Anflug. Dieſs findet sich nicht in den älteren Beschreibungen angegeben; allein im *Dictionnaire des sciences naturelles, XXX p.* 339, heiſst es, daſs dieser Meteorstein die Neigung habe, sich mit einer Efflorescenz zu bekleiden, welche die Verfasser für Eisenvitriol ausgeben. Der Stein ist leicht zu zerbrechen, und zerbröckelt schon zwischen den Fingern. Gerieben mit dem Nagel oder einem andern glatten Körper nimmt er Politur an, wie es oft mit Thonarten der Fall ist. In Wasser gelegt zerfällt er nach einigen Augenblicken zu einem graugrünen Brei von einem starken Thongeruch, mit einem nicht unangenehmen Nebengeruch nach frischem Heu. Geschlemmt und sodann getrocknet hat das Pulver eine aus Schwarz, Grün und Braun zusammengesetzte Farbe. Vor dem Löthrohr in einem Kolben erhitzt, giebt es Wasser, schweflige Säure und endlich ein dunkelbraunes Sublimat, aber kein brenzliches Oel. Der Rückstand ist ruſsschwarz und läſst sich an offner Luft roth brennen. Er schmilzt äuſserst träge zu einer schwarzen schlackigen, nicht gehörig geflossenen Masse. Mit Fluſssäure verhält er sich ganz wie gewöhnliche Meteorsteine. Der Magnet zieht aus ihm eine schwarze, nicht glänzende Masse, welche sich sehr schwer von dem thonartigen Muttergestein befreien läſst.

Das Wasser, worin der Meteorstein zerfallen ist, enthält ein aus dem Stein gezogenes Salz. 89,7 Th. des geschlemmten und bei 100° C. getrockneten Steinpulvers

entsprechen 10,3 Th. Salz, im wasserfreien Zustand gewogen. Aus diesen 89,7 Th. zog der Magnet 11,92 Th. aus; allein unter diesen befand sich noch viel Muttergestein, welches ich nicht abzuscheiden vermochte.

α) *Das mit dem Magneten Ausgezogene* enthielt feine, weifse, metallisch glänzende Flitterchen, aber in geringer Menge und gröfstentheils nur unter dem Mikroskop erkennbar. Diese Flitterchen, ausgesucht und in Salzsäure gelegt, lösten sich unter Entwicklung von Wasserstoffgas auf, waren also metallisches Eisen. Um zu bestimmen, ob sich auch Nickel darin befände, hatte ich zu wenig von den Metallflitterchen; allein ich zweifle an dessen Gegenwart, da sich das Nickel oxydirt in dem Steinpulver befindet. Das Uebrige des Magnetischen löste sich in Salzsäure, ohne Gasentwicklung mit dunkelgelber Farbe, und schwachem, aber unzweideutigem Geruch nach Schwefelwasserstoff. Das Magnetische bestand also aus ganz Wenig metallischen Eisens, etwas Schwefeleisen und meistens aus Eisenoxyd-Oxydul. Eine Spur von Chrom konnte ich durch Schmelzen mit etwas Alkali und Salpeter nicht darin entdecken.

β) *Das mit Wasser Ausgezogene* gab eine blafs gelbliche, im Allgemeinen schwach gefärbte Lösung, welche nach freiwilliger Abdunstung eine krystallisirte, nicht verwitternde Salzmasse hinterliefs. Ein Theil dieser Salzmasse wurde zur Verjagung des Krystallwassers erhitzt. Bei einer Temperatur, welche noch nicht bis zum Glühen ging, wurde sie braun gebrannt unter einem brenzlichen Geruch; dann in Wasser gelöst, setzte sie einen schwarzbraunen kohligen Stoff ab, welcher, getrocknet, ohne Rückstand verbrannte. Das Wasser hatte also einen organischen Stoff ausgezogen, der im Vergleich mit dem Kohlengehalt, den er hinterliefs, oder mit der dunkeln Farbe, die er beim Erhitzen annahm, wenig gefärbt war. Ungeachtet des grofsen Interesses, welches die nähere Kenntnifs der Eigenschaften dieses Stoffes besafs,

mufste ich mich damit begnügen, seine Anwesenheit erkannt zu haben. Wenn das Steinpulver gut mit warmem Wasser ausgezogen war, löste weder Ammoniak noch ätzendes Kali einen organischen Stoff mehr von ihm auf.

Ein Theil des krystallisirten Salzes, welches im lufttrocknen Zustand 0,285 Grm. wog, wurde in Wasser gelöst und mit einem Paar Tropfen kohlensauren Ammoniaks versetzt. Es entstand dadurch kein Niederschlag, zum Beweise, dafs das Salz kein Eisen enthielt, also nicht Eisenvitriol war. Etwas Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium gab einen schwarzen Niederschlag, welchen ich in einer verkorkten Flasche sich absetzen liefs. Dieser gab 0,005 Grm. Nickeloxyd, welches sich vor dem Löthrohr als verunreinigt mit Kupfer erwiefs, mit Phosphorsalz aber nicht die Opalisirung beim Erkalten gab, welche die Gegenwart des Zinnoxyds anzeigt. Das Nikkeloxyd entspricht 0,01 schwefelsauren Nickeloxyds.

Durch Zersetzung mit essigsaurem Baryt und andere gewöhnliche analytische Methoden wurden daraus erhalten: 0,04 Grm. Talkerde, entsprechend 0,118 Grm. wasserfreier schwefelsaurer Talkerde, 0,034 Grm. schwefelsauren Natrons, 0,004 Grm. schwefelsauren Kalis und 0,012 Grm. schwefelsauren Kalks erhalten, oder zusammen 0,178 Salze und 0,107 Krystallwasser, das vermuthlich nicht auf jedes einzelne Salz, sondern auf die Doppelsalze aus Natron und Kali mit Talkerde und Nickeloxyd und auf eine Portion freier schwefelsaurer Talkerde vertheilt werden mufs.

In diesem Salze findet sich überdiefs noch eine Spur von schwefelsaurem Ammoniak. Mengt man den Stein mit Wasser und läfst ihn darin zerfallen, so entsteht ein sehr starker Heugeruch, und ein mit Salpetersäure benetzter Glaspfropfen darüber gehalten, giebt weifse Nebel, zwar in geringer Menge, aber ganz sichtbar. Dieser Ammoniakgehalt ist jedoch wahrscheinlich nicht ur-

sprünglich, denn wenn man das Steinpulver mit Ammoniak behandelt, gut mit Wasser auslaugt, und, nach dem Trocknen im Wasserbade, einer trocknen Destillation aussetzt, so erhält man ein stark ammoniakhaltiges Wasser, was nicht der Fall ist bei Behandlung mit Wasser. Dieses Ammoniak kann also sehr wohl während der 28jährigen Aufbewahrung im Mineralienschrank hineingekommen seyn.

Von Wichtigkeit wäre es gewesen, sogleich nach dem Fall des Steins zu ermitteln, ob derselbe dieses Salz fertig gebildet, und letzteres dann Krystallwasser enthalten habe, wodurch die Frage: ob Wasser in der Heimath der Meteorsteine vorhanden sey, beantwortet werden könnte. Nun läfst sich zwar vermuthen, dafs das Salz aus einem Talkerdesilicat und Schwefeleisen entstanden sey, indem sich letzteres in Eisenvitriol verwandelte, dieses von der Talkerde zersetzt wurde und das Eisenoxydul in Eisenoxyduloxyd überging. Erwägt man indefs, dafs Thénard angiebt, einerseits, dafs der Stein mit Säuren sehr wenig Schwefelwasserstoff entwickelte, und andererseits, dafs er, nach Verpuffung mit Salpeter, einen Niederschlag mit Chlorbarium, der 3½ Proc. Schwefel entsprach, lieferte, so mufs man schliefsen, dafs der Stein entweder gewöhnlichen Schwefelkies oder ein schwefelsaures Salz enthielt. Beide Fälle sind sicher ungewöhnlich, aber der letztere zeigte sich in meinen Versuchen als wirklich vorhanden, und wahrscheinlich fand er auch statt, als Thénard seine Versuche anstellte, denn er erhielt 17 Procent Wasser, was weit mehr ist als der vom Salz befreite Stein enthält, und zeigen würde, dafs der Stein vom Anfang an wasserhaltig war. Indefs stellte Thénard die Analyse ungefähr zwei Monate nach dem Fall des Steines an, und in der Zeit konnte das fein zertheilte Salz eine grofse Portion Krystallwasser aufgenommen haben. Es ist nämlich möglich, dafs der Anflug von Bittersalz sich allmälig

in der Atmosphäre der Erde gebildet hatte, dadurch, dafs das Salz Krystallwasser aufnahm und durch den Zutritt des Wassers aufschwoll.

γ) *Das mit Wasser ausgelaugte Steinpulver* enthält, nach Thénard's Analyse, eine Portion Kohle. Es war natürlich zu vermuthen, dafs diese Kohle mit Wasserstoff und Sauerstoff, vielleicht auch mit Stickstoff eine Verbindung ausmachte. Da weder Kali noch Ammoniak eine organische Verbindung auszog, so blieb nur übrig, die Producte der trocknen Zersetzung zu studiren, weil die Lösung dieser Verbindung in Säuren, sie mit den übrigen unorganischen Stoffen, die sich entweder gelöst hätten oder ungelöst geblieben wären, vermengt haben würde. Das wohl ausgekochte, geschlemmte und bei 100° C. getrocknete Pulver wurde demnach in einem kleinen Destillationsapparat bis zum Glühen erhitzt, und das sich entwikkelnde Gas in eine umgestürzte, mit Kalkwasser gefüllte Flasche geleitet. 1,586 Grm. Steinpulver hinterliefsen 1,398 Grm. kohlschwarzen Rückstands.

Keine Tropfen von brenzlichem Oel zeigten sich im Retortenhalse; dagegen sammelte sich viel und ungefärbtes Wasser. Ein schmaler Streifen Lackmuspapier, in den Hals der Retorte gesteckt, ward roth. Das Gas wurde unter starker Trübung vom Kalkwasser absorbirt; und es blieb sehr wenig unverschluckt, nicht mehr als die Luft des Gefäfses betrug, und darin schien kein fremdes Gas enthalten zu seyn. Thénard erhielt brennbare Gase, aber bei seinem Versuch war der in Wasser lösliche Stoff nicht entfernt worden. Das Kohlensäuregas gab 0,15 kohlensauren Kalk, entsprechend 0,0696 Grm. Kohlensäure oder 0,01813 Grm. Kohle.

Das Wasser im Retortenhalse besafs einen starken Geruch nach Heu oder richtiger nach Toncabohnen, welcher beim Trocknen verschwand. Im hinteren Theil des Retortenhalses fand sich eine geringe Spur eines weifsen Salzes, nebst einer Portion eines schwarzbraunen Sublimats.

Diefs weifse Salz war löslich im Wasser und ätzendes Kali entwickelte eine Spur von Ammoniak daraus, aber die Lösung ward nicht durch salpetersaures Silberoxyd gefällt. Ich konnte nicht ermitteln, mit welcher Säure das Ammoniak verbunden war.

Dieses braune Sublimat ist ein mir gänzlich unbekannter Körper. Er machte von der angewandten Quantität 0,015 Grm. aus. Dieser geringen Menge wegen konnte ich von seinen Eigenschaften nur folgende ermitteln. Seine Farbe ist in dünnen Kanten beim Hindurchsehen schwarzbraun, beim Daraufsehen fast schwarz. Die der Röhre zugewandte Seite ist dunkelgrau und etwas glänzend. Er hat weder Geschmack noch Geruch, wenn der Heugeruch verschwunden ist. In sauerstofffreier Luft kann er sublimirt werden; ohne Anzeigen von Krystallisation. In gewöhnlicher Luft oder in Sauerstoffgas verwandelt er sich in einen weifsen Rauch, welcher sich an kalte Körper anlegt. Dieser Rauch hat einen stechenden Geruch. Der weifse Anflug ist löslich in Wasser, reagirt nicht auf Lackmuspapier und wird von salpetersaurem Silber nicht gefällt. Wenn er in Sauerstoffgas verbrennt wird, zeigt sich keine Spur von Feuchtigkeit; Kalkwasser wird nicht von dem Gase getrübt und es setzt sich nach einer Weile keine Spur von kohlensaurem Kalk ab. Der braune Körper ist unlöslich in Wasser, Ammoniak, ätzendem Kali, Salzsäure, kochender Salpetersäure von 1,24 spec. Gew. War er ein Product der trocknen Destillation oder fand er sich fertig gebildet vor und wurde durch die Hitze sublimirt? Ich kann diese Fragen nicht genügend beantworten [1]).

Aus dem nun Angeführten folgt, dafs die bei 100° C. getrocknete, von löslichen Substanzen befreite Meteormasse gegeben hat:

1) Wollte man fragen: War er ein einfacher brennbarer Körper, so würde man vielleicht zu viel Gewicht darauf legen.

Schwarzen geglühten Rückstand	88,146
Graubraunes Sublimat	0,944
Kohlensäuregas	4,328
Wasser	6,582
	100,000.

Analyse des schwarzen geglühten Rückstands. Er wog 1,382 und wurde mit Salzsäure zersetzt. Die Lösung war sehr dunkelgelb, das Ungelöste schwarz. Schwefelwasserstoff nahm die Farbe der Lösung fort. Der dabei erhaltene Niederschlag hinterliefs, nach dem Fortbrennen des Schwefels, 0,005 Grm. Zinnoxyd, verunreinigt mit Kupferoxyd. Uebrigens wurde die Analyse ganz nach dem bereits mitgetheilten allgemeinen Plan angestellt. Die Lösung der Kieselerde in kohlensaurem Natron war gelblich, ward aber bei Sättigung mit Säure farblos. Nach Abscheidung der Kieselerde durch Abdunstung, wurde, aus der Auflösung des Salzes in Wasser, mit einem Tropfen ätzenden Ammoniaks 0,006 Grm. Zinnoxyd gefällt. Der nach Behandlung mit kohlensaurem Natron unlösliche Theil war kohlschwarz. Ein Versuch, die Kohle in Sauerstoffgas fortzubrennen und die Kohlensäure aufzufangen glückte nur theilweis, weil sie sich nur an der Oberfläche oxydirte und roth ward. Sie gab dabei Wasser ab. Das Geglühte wog 0,12. Die angewandten 1,382 hatten also gegeben:

		Sauerstoffgehalt:	
Kieselerde	0,4315	21,5	
Talkerde	0,3070	11,88	23,09
Kalk	0,0032	0,09	
Eisenoxydul	0,4011	9,13	
Nickeloxyd	0,0190	0,40	
Manganoxydul	0,0036	0,07	
Thonerde	0,0325	1,52	
Chromeisen, zerlegt	0,0087		
Zinnoxyd, kupferhaltig	0,0110		
Unlöslicher kohlenhaltig. Rückstand	0,1200		
Verlust	0,0640		
	1,3820.		

Der Verlust, welcher ungefähr 4 Procent beträgt, ist etwas grofs. Ein Theil davon ist Sauerstoff im Eisenoxyduloxyd. Uebrigens stellt sich hier zwischen dem Sauerstoff der Kieselerde und dem der Basen dasselbe Verhältnifs ein wie bei den vorhergehenden Meteorsteinen. Der Ueberschufs in dem letzteren hat vermuthlich hier dieselbe Ursache wie dort, und rührt hier noch deutlicher von eingemengtem Eisenoxyduloxyd her.

Der unlösliche kohlschwarze Theil dieses Meteorsteins wurde erst mit Fluorwasserstoffsäure und dann mit Schwefelsäure behandelt, worauf ein schwarzes Pulver ungelöst blieb. Dieses wurde auf ein gewogenes Filtrum gebracht und darauf eine gewogene Portion desselben in Sauerstoffgas verbrannt, das, in einer Liebig'schen Absorptionsröhre, über dieselbe und dann in ein Gemenge von ätzendem Ammoniak und Chlorcalcium geleitet ward.

Die ammoniakalische Flüssigkeit hatte 48 Stunden lang in einer verkorkten Flasche gestanden, ehe sie in die Absorptionsröhre gefüllt worden war, so dafs also aller kohlensaurer Kalk, der durch einen Kohlensäuregehalt des Ammoniaks gebildet worden seyn könnte, sich abgesetzt haben mufste. Sie wurde 24 Stunden lang verschlossen stehen gelassen, wo dann die klare Flüssigkeit von dem am Glase angeschossenen kohlensauren Kalk abgegossen und letzterer abgespült werden konnte. Er wurde sodann in Salzsäure gelöst, mittelst Zusatz von Schwefelsäure in Gyps verwandelt, in einem gewogenen Platintiegel abgeraucht und geglüht. Aus der Menge des Gypses wurde die der Kohle berechnet; auf das Ganze betrug sie 0,02586 Grm.

Nach Verbrennung der Kohle in Sauerstoffgas blieben 0,00525 Grm. Chromeisen zurück, welches Zinnoxyd enthielt.

Das in Flufssäure Aufgelöste hatte gegeben:

Talkerde	0,0050
Eisenoxydul	0,0266
Nickeloxyd	0,0055
Thonerde	0,0025
Zinnoxyd	0,0020
Kieselerde	0,0462.

Die Kieselerde ist aus dem Verlust hergeleitet. Kalk fehlte ganz. Die Talkerde hielt eine Spur von Manganoxydul, das Nickeloxyd eine von Kobalt. Klar ist, dafs das unlösliche Mineral im Meteorstein von Alais nicht gleicher Art ist mit dem in den vorhergehenden.

Dieser Meteorstein kann für nichts anderes als für einen Erdklumpen gehalten werden, und zeigt, dafs die Bergarten in seiner Heimath durch einen geologischen Procefs in Erde verwandelt wurden, wie es auf unsern Planeten der Fall ist. Der Umstand, dafs darin metallisches Eisen, Schwefeleisen, nebst den Oxyden von Nikkel, Kobalt, Zinn, Kupfer und Chrom enthalten sind, zeigt, dafs diese Erde aus der gewöhnlichen Meteorsteinmasse, welche hier hauptsächlich aus Meteor-Olivin bestand, gebildet worden ist. Es leidet folglich keinen Zweifel, dafs der untersuchte Stein, ungeachtet aller seiner Verschiedenheiten im Aeufsern, ein Meteorstein ist, welcher, aller Wahrscheinlichkeit nach, aus der gewöhnlichen Heimath der Meteorsteine herstammt.

Der Kohlengehalt darin scheint ursprünglich nicht blofs Kohle gewesen zu seyn; diefs sieht man am besten daran, dafs das Steinpulver eine in's Grüne fallende bräunliche Farbe besitzt, aber bei der trocknen Destillation kohlschwarz wird. Die Kohle befindet sich also in einer Verbindung, welche in der Hitze zersetzt wird unter Zurücklassung von Kohle und Entwicklung von Kohlensäuregas, entweder allein oder in Begleitung von Wasser. Im ersten Fall befindet sich die Kohle blofs mit Sauerstoff verbunden, zu einem der Honigsteinsäure ähnlichen Körper, im letzten Fall aber in Verbindung mit

Sauerstoff und Wasserstoff. Indefs ist ein solcher Körper, der nur in Kohle, Kohlensäure und Wasser zerfällt, noch nicht bekannt. Mehr Analogie mit tellurischen organischen Verbindungen hat der Stoff, den das Wasser zugleich mit Bittersalz auszieht. Die Anwesenheit eines kohlenhaltigen Stoffs in der Meteorerde hat Analogie mit dem Humusgehalt der tellurischen Erde; aber er ist vermuthlich auf eine andere Weise hinzugekommen, hat andere Eigenschaften, und scheint nicht zu der Vermuthung zu berechtigen, dafs er eine analoge Bestimmung habe, wie die kohlenhaltigen Stoffe in der tellurischen Erde.

Das eben mitgetheilte Resultat zeigt mit dem von Thénard erhaltenen einige Verschiedenheiten. Indefs beweist doch nichts, dafs wir nicht denselben Stoff untersucht haben. Schon der Umstand, dafs ich vor der Analyse 10 Procent lösliche Salze, gemengt mit einem organischen Stoff, und 12 Procent dem Magneten folgsame Theile abschied, bildet einen wesentlichen Unterschied. Thénard suchte Thonerde darin, ohne sie zu finden. Diefs ist gewöhnlich bei Mineralien, welche Talkerde enthalten, wenn der mit ätzendem Ammoniak erhaltene Niederschlag mit Kali behandelt wird. Wiederauflösung in Säure und Fällung mit einem doppelt-kohlensauren Salz scheint von Thénard nicht angewandt worden zu seyn.

V. Pallas-Eisen und Pallas-Olivin.

Diese berühmte Meteormasse, welche durch Pallas in Europa bekannt worden ist, lag auf dem Kamm eines Schieferberges in einer Gegend von Sibirien, zwischen Krasnojarsk und Abekansk. Die Einwohner sahen sie für ein vom Himmel gefallenes Heiligthum an, und die Volkssage bewahrte das Andenken an diesem Falle auf, wogegen alle historischen Nachrichten darüber fehlten. Pallas schätzte ihr Gewicht auf 1600 Pfund. Gegenwärtig möchte sie wohl ganz und gar unter die öffentlichen und privaten

Mineralienkabinette vertheilt seyn. Diese ungewöhnliche Meteormasse bestand hauptsächlich aus einem Skelett von Eisen, ähnlich einem wohl ausgegohrnen Brot, dessen runde und dichte Höhlungen ausgefüllt waren mit jenem grünlichen glasklaren Olivin, dessen in dem Vorhergehenden erwähnt wurde.

Das zur Analyse angewandte Pallas-Eisen wurde erst gehämmert, so dafs aller daran festsitzende, oft nicht sichtbare Olivin zerstofsen wurde und abfiel. Darauf wurde es durch etwas verdünnte Schwefelsäure vom Rost gereinigt, wohl abgewaschen und in einer Temperatur über 100° C. getrocknet. Nun wurde es in Salzsäure gelöst, und das Wasserstoffgas durch eine mit Aetzammoniak versetzte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd geleitet. Anfangs trübte sich diese Flüssigkeit nicht, aber gegen das Ende, besonders als die Lösung des Eisens durch etwas Wärme unterstützt wurde, zeigten sich deutlich Spuren von Schwefelwasserstoffgas, doch durchaus zu unbedeutend, um dem Gewichte nach bestimmt zu werden, wiewohl der Versuch mit mehr als 7,742 Grm. Pallas-Eisen angestellt wurde.

Als alle Gasentwicklung in der Wärme aufhörte, obschon die Flüssigkeit noch viel freie Säure enthielt, wurde das Klare abgegossen von dem Rückstand, welcher bestand theils aus einem zarten kohleähnlichen Stoff; theils aus kleinen metallisch glänzenden Körnern und Flitterchen, auf welche frische Salzsäure ohne Wirkung war. Sie wurden auf ein Uhrglas gebracht, und auf demselben gewaschen und getrocknet, damit sie bei einer späteren Probe auf einen Kohlegehalt von allen Fäserchen des Filtrirpapiers frei seyen. Sie wogen 0,0371 Grm. oder 0,48 eines Procents.

Die Eisenlösung wurde mit Salpetersäure oxydirt, mit ätzendem Ammoniak vermischt bis ein grofser Theil des Eisenoxyds niedergefallen war und dann in der Wärme mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt. Das Klare wurde

abfiltrirt und der Rückstand mehrmals ausgekocht mit Wasser, dem etwas Salmiak und etwas bernsteinsaures Ammoniak zugesetzt war, alsdann auf ein Filtrum gebracht und gewaschen. Das Waschwasser wurde abgedunstet und der zuerst hindurchgegangenen Flüssigkeit hinzugefügt, darauf das Ganze in einer verkorkten Flasche mit einer Lösung von Schwefelnatrium (NaS^5) vermischt, und stehen gelassen, bis die Flüssigkeit klar und rein gelb geworden war, endlich das Schwefelmetall auf ein Filtrum gebracht. Das Durchgegangene wurde mit Salzsäure zerlegt, deren Ueberschufs abgedunstet und darauf die filtrirte Lösung mit einem Gemenge von Ammoniak und phosphorsaurem Natron versetzt. Sie trübte sich nicht sogleich, aber nach einer Weile schied sich ein grofsschuppiges Salz ab, welches phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde glich, und, nachdem es gesammelt, gewaschen und geglüht worden, schwarz war. Es war, wie sich fand, hauptsächlich phosphorsaures Mangan, welches beim Glühen in ein basisches Oxydsalz übergegangen war. Vollkommen frei von Talkerde war es wohl nicht; allein ich habe es im Resultat als Mangansalz berechnet. Es wog 0,028 Grm., entsprechend 0,0103 Grm. oder 0,13 Procent Mangan.

Die Schwefelmetalle, welche, damit sie nicht oxydirten, mit kochendem Wasser gewaschen worden waren, wurden sodann geröstet, in Salzsäure gelöst, die überschüssige Säure durch Abdampfung zur Trockne auf dem Wasserbade fortgeraucht, das Salz abermals in Wasser gelöst und die Lösung mit ätzendem Ammoniak vermischt, wodurch sie stark blau wurde, aber auch ein Niederschlag entstand, der sich in einem gröfseren Zusatz von Ammoniak nicht löste. Dieser Niederschlag wurde auf einem Filtrum gesammelt; er war schön grün und erwiefs sich als unlöslich in kohlensaurem Ammoniak. Er wog geglüht 0,03 Grm., war nun schwarzgrau und zeigte sich bei einem Versuche hauptsächlich aus Kobaltoxyd bestehend.

Aus diesen Versuchen, welche besonders angestellt wurden, um die Ursache des gegen meine früher bei Behandlung von kobalthaltigem Nickel gemachten Erfahrungen so abweichenden Verhaltens auszumitteln, ging hervor, dafs, wenn die Lösung kein Ammoniaksalz enthält, mit welchem sich das Doppelsalz bilden kann, ein Theil des Kobaltoxyds mit grüner Farbe niederfällt, und, wenn die Flüssigkeit zugleich Talkerde enthält, auch diese vereinigt mit Kobaltoxyd niederfällt, und dafs diese Verbindung beim Waschen grün bleibt, wogegen das Kobaltoxyd für sich braun wird. So oft die Lösung einen Ueberschufs von Säure oder ein Ammoniaksalz in der zur Bildung von Doppelsalzen hinreichenden Menge enthält, so wird jener Niederschlag nicht anders erhalten als wenn das Nickeloxyd mit Kalihydrat niedergeschlagen wird, wobei er dann mit diesem niederfällt, und der Kobaltgehalt so ganz aus der mit ätzendem Kali gefällten Flüssigkeit verschwunden ist, dafs sich darin nicht eine Spur davon mehr vorfindet [1]).

1) In Bezug auf die Bildung dieser Kobaltverbindung mag noch Folgendes angeführt seyn. Reines nickelfreies Kobaltoxyd, nach Laugier's Methode dargestellt, wurde in Salzsäure aufgelöst und die Lösung im Wasserbade zur Trockne abgedampft. Das blaue Salz wurde in Wasser gelöst. Mit ätzendem Ammoniak gab es einen grünen Niederschlag, welcher nach einigen Stunden braun ward. Ein anderer Theil des Salzes wurde mit etwas Chlormagnesium vermischt; es gab mit Ammoniak ebenfalls einen grünen Niederschlag, aber dieser wurde nicht braun. Diese Niederschläge, sowohl das reine grüne Oxyd als das talkerdehaltige, lösten sich ohne Rückstand sogleich wieder auf, als eine Lösung von Salmiak hinzugesetzt wurde. Die Lösung wurde nicht roth, sondern schmutzig gelb. Aetzendes Kali, in hinreichender Menge zugesetzt, fällte das Oxyd wieder mit grüner Farbe. Das reine ward braun, das talkerdehaltige hielt sich in der Flüssigkeit unverändert grün, beinahe eine ganze Woche lang. Es war dem, welches man unter den gewöhnlichen Umständen vom Nickeloxyd erhält, so gleich, dafs es durch das blofse Ansehen nicht von diesem unterschieden werden konnte. Jedoch enthielt es

Die oben angeführten 0,03 Grm., auf angegebene Weise mit verdünnter Salpetersäure, und diese Lösung mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium behandelt, wurden zerlegt in 0,00625 Grm. Talkerde, verunreinigt mit ein wenig Mangan, aber doch die blaue Farbe auf einem gerötheten Lackmuspapier wieder herstellend, und in 0,02375 Grm. Kobaltoxyd, in welchem sich eine geringe Menge Nickeloxyd entdecken liefs.

Die blaue ammoniakalische Flüssigkeit mit ätzendem Kali gefällt, gab ein schön apfelgrünes Nickeloxyd, welches geglüht 1,02175 Grm. wog. Um seinen Sauerstoffgehalt zu erproben, wurden 0,981 Grm. davon durch Glühen in einem Strom Wasserstoffgas reducirt, und dadurch ein silberweifses Metall erhalten, 0,771 Grm. wiegend. Diefs hätte, nach dem Sauerstoffgehalt des gewöhnlichen Nickeloxyds berechnet, 077213 wiegen müssen, jenes enthielt folglich eine geringe Einmengung von Superoxyd. Das erhaltene Quantum Nickeloxyd, gemäfs der Reductionsprobe auf Metall berechnet, entspricht 0,803 Grm. oder 10,372 Procent metallischen Nickels. Es wurde unter Anwendung von Wärme in Salzsäure gelöst, und die Lösung mit Schwefelwasserstoff gefällt; der gelbe und nach dem Trocknen fast schwarze Niederschlag wog geglüht, 0,002 Grm. und war kupferhaltiges Zinnoxyd.

nicht mehr als knapp 10 Procent Talkerde, und folglich viel freies Kobaltoxyd. Die darüberstehende Flüssigkeit war farblos.

Hieraus ersieht man leicht, dafs die Philips'sche Methode bei Analysen dieser Art leicht irre führen kann, und dafs ein auf diese Weise bestimmter Kobaltgehalt wohl niemals vollkommen sicher seyn kann; was auch von dem hier mitgetheilten gilt. Es ist jedoch für den hier in Rede stehenden Fall von keiner Wichtigkeit, ob dabei ein geringer Fehler vorhanden sey.

Der oben angeführte Versuch beweist, dafs das Schwefelmagnesium desselben Neigung hat, sich mit dem Schwefelkobalt und Schwefelnickel niederzuschlagen, wie die Talkerde mit den Oxyden dieser Metalle. Ich glaube, dafs diese Umstände bei der Analyse von Verbindungen, die Nickel und Kobalt enthalten, Beachtung verdienen.

Die Flüssigkeit, aus welcher das Nickeloxyd mit ätzendem Kali gefällt worden, hatte einen deutlichen Stich in's Rosenrothe. Sie gab nach dem Fortdunsten des Ammoniaks Kobaltoxyd, welches geglüht 0,021 Grm. wog, was, nebst den zuvor erhaltenen 0,02375, zusammen 0,04475 Oxyd oder 0,03521 Kobalt ausmacht; letzteres entspricht 0,455 Procent vom Gewicht des Meteoreisens.

Um zu untersuchen, ob das Eisen Kohle enthalte, wovon ein Theil mit dem Wasserstoffgase fortgegangen seyn konnte, wurden 6,132 Grm. Pallas-Eisen mit Hülfe von Wärme in verdünnter destillirter Schwefelsäure aufgelöst. Das Wasserstoffgas wurde durch eine mit Kupferoxyd gefüllte und über der Weingeistlampe erhitzte Glaskugel geleitet, wodurch es, nachdem die atmosphärische Luft des Gefäſses ausgetrieben worden, in Wasser verwandelt wurde, so daſs nur ganz wenig übrig blieb. Dieses wurde auf zuvor genannte Weise in ein Gemeng von Ammoniak und Chlorcalcium geleitet; allein die Menge desselben war so gering, daſs der endlich herauskrystallisirte kohlensaure Kalk nicht mehr als 0,03 Grm. Gyps gab, entsprechend 0,00266 Grm. oder 0,043 Procent Kohle.

Durch die in Schwefelsäure erhaltene Lösung wurde ein Strom Schwefelwasserstoff geleitet; es entstand dadurch nach einigen Augenblicken eine blaſsgelbe Trübung, welche nach vollständiger Ausfällung und Sammlung dunkelgelb in's Braune fallend war, und, nach Fortbrennung des Schwefels, 0,005 Grm. Zinnoxyd zurückließs, so stark aber mit Kupferoxyd verunreinigt, daſs es im geglühten Zustand fast schwarz war, und bei Reduction eine Zinnkugel gab, deren Farbe sichtlich in's Gelbe fiel. Das Oxyd entspricht 0,066 Procent kupferhaltigen Zinns.

Der Eisengehalt wurde nach dem Grundsatz bestimmt, daſs das, was nichts anders war, Eisen seyn muſste. Das

mit Bernsteinsäure verbunden erhaltene Oxyd wurde geprüft: *a*) durch Schmelzen mit Salpeter und etwas kohlensaurem Alkali auf einen Chromgehalt. Es konnte aber davon keine Spur entdeckt werden. Die Salpeterlösung mit Bleisalz versetzt, wurde zwar gelb durch Säuren, aber nur von salpetrigsaurem Blei, welches sich nicht niederschlug, sondern aufgelöst blieb. *b*) Nach Auflösung in Salzsäure und Fällung mit Schwefelnatrium wurde die rückständige Flüssigkeit auf einen Gehalt an Phosphorsäure geprüft, wovon indeſs keine deutliche Spur entdeckt werden konnte.

Zufolge dieser Untersuchung besteht das Pallas-Eisen aus:

Eisen	88,042
Nickel	10,732
Kobalt	0,455
Magnesium	0,050
Mangan	0,132
Zinn und Kupfer	0,066
Kohle	0,043
Schwefel	Spur
Unlöslichem Rückstand	0,480
	100,000.

Klaproth giebt an, das Pallas-Eisen enthalte nur zwei Procent Nickel und löse sich ohne Rückstand. Howard schloſs aus seinen Versuchen, der Nickelgehalt betrage 17 Procent. Der Gehalt an Magnesium, ungeachtet er nicht ungewöhnlich im Guſseisen ist, könnte der Gegenwart von Olivin zugeschrieben werden; allein wenn dieſs der Fall gewesen wäre, hätte immer die Kieselerde des Olivins in weiſsen ganz sichtbaren Körnern unter den ungelösten schwarzen oder metallischen Rück-

stand vorhanden seyn müssen, wogegen das olivinfreie Eisen nicht die geringste Spur von Kieselerde ungelöst liefs und doch Magnesium enthielt. Wir werden überdiefs bei der Analyse des unlöslichen Rückstands einen neuen Beweis dafür erhalten, dafs Magnesium metallisch im Meteoreisen enthalten ist.

Dieser unlösliche Rückstand ist ein ganz interessanter Theil des Meteoreisens. Er ist ganz dieselbe Phosphorverbindung, welche ich bei Untersuchung des Meteoreisens von *Bohumiliz* analysirt und beschrieben habe [1]). So wie er nach der Auflösung des Eisens zurückblieb, bestand er aus im Aeufsern verschiedenen Theilen, von welchen der eine schwarz, kohleähnlich und leicht, der andere metallisch glänzend und krystallinisch war. Ich hielt den ersteren für Kohle, und sonderte deshalb von ihm so viel ab als nöthig war, um ihn, wie einen kohlehaltigen Stoff, in Sauerstoffgas zu verbrennen und die Kohlensäure aufzufangen. Wirklich trat auch eine ganz lebhafte Verbrennung ein; allein das Pulver nahm dabei bedeutend an Gewicht zu, und ich erhielt nur eine Spur von Kohlensäure. Die Masse war nichts anderes als dieselbe Verbindung wie der krystallinische Theil, nur so mit Eisen gemengt, dafs sie gestaltlos und ungemein fein zertheilt war.

Das Metallische zeigte sich unter dem Mikroskop als bestehend aus Krystallen, welche die Eigenthümlichkeit besafsen, dafs sie an einigen Seiten vollkommen auskrystallisirt waren, während andere durchaus Bruchflächen glichen. Seine Farbe war ganz die des Meteoreisens. Es wurde nicht von Salzsäure angegriffen, wohl aber von Königswasser, worin es sich mit Leichtigkeit löste. Ich hatte nur 0,03 Grm. davon zur Analyse zu verwenden. Dieses Quantum wurde in Königswasser gelöst, die Lösung mit ätzendem Ammoniak neutralisirt, mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium in Ueberschufs vermengt,

1) Annalen, Bd. XXVII S. 126.

dieser Ueberschufs durch Kochen verjagt, darauf der Niederschlag von Schwefelmetallen auf ein Filtrum gebracht und mit siedendheifsem Wasser gewaschen. Die durchgegangene Flüssigkeit wurde durch Abdunsten eingeengt und in einer Flasche mit ätzendem Ammoniak vermischt; es entstand kein Niederschlag, zum Beweise der Abwesenheit von Talkerde. Nun wurde Chlorcalcium hinzugesetzt, so lange noch ein Niederschlag entstand, die Flasche verkorkt und die Flüssigkeit zum Klären hingestellt. Der abgesetzte phosphorsaure Kalk, welcher geglüht 0,023 Grm. wog, gab vor dem Löthrohr reichlich Phosphoreisen und entsprach 0,0049 Grm. Phosphor.

Der Niederschlag von Schwefelmetallen wurde mit Königswasser oxydirt, die Flüssigkeit mit ätzendem Ammoniak neutralisirt, und das Eisen mit bernsteinsaurem Ammoniak ausgefällt; diefs gab 0,021 Grm. Eisenoxyd, entsprechend 0,01456 Grm. Eisen. Die mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällte Lösung wurde blau von Ammoniak, ohne gefällt zu werden. Aetzendes Kali fällte einen flockigen, voluminösen, blafsgrünen Niederschlag, welcher deutlich noch etwas mehr als Nickeloxyd enthielt. Er wog geglüht 0,01175. Behandelt auf zuvor angeführte Weise mit verdünnter Salpetersäure und Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, wurden daraus 0,00475 Grm. weifser Talkerde erhalten, welche geröthetes Lackmuspapier stark wieder bläute. Sie entspricht 0,00191 Grm. Magnesium. Das Gewicht des Nickeloxyds betrug also 0,007 Grm., entsprechend 0,0055 Grm. Nickel. Es enthielt eine Spur von Zinn, Kupfer und Kobalt, welche, wenn die Probe mit einer gröfseren Menge der Masse angestellt worden wäre, sich gewifs dem Gewichte nach hätte bestimmen lassen, was aber so im Kleinen nicht anging.

Der mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium erhaltene Niederschlag enthielt nicht nur Schwefelmetalle, sondern auch eine Portion phosphorsaurer Ammoniak-

Talkerde. Ein Theil dieser Phosphorsäure hatte sich unzweifelhaft zugleich mit dem bernsteinsauren Eisenoxyd niedergeschlagen, in welchem aber bei Anstellung des Versuchs die Nachsuchung nach dieser Säure vergessen worden, was ich nun nicht wieder gut machen konnte. Ein anderer Theil fand sich in dem Aetzkali, welches zur Abscheidung des Nickeloxydes gedient hatte, und wurde durch Verwandlung des Salzes in Chlorkalium, und durch Fällung mit Chlorcalcium und ätzendem Ammoniak daraus abgeschieden. Sie gab 0,0035 Grm. phosphorsauren Kalk, entsprechend 0,00064 Grm. Phosphor; zusammen waren es also 0,00554 Grm. oder 18,47 Procent Phosphor.

Der Versuch hatte folglich gegeben:

Eisen	0,0146	48,67
Nickel	0,0055	18,33
Magnesium	0,0029	9,66
Phosphor	0,0055	18,47
Verlust	0,0015	4,87
	0,0300	100,00.

Der Verlust ist ein wenig grofs, aber bei der geringen Menge der Probe leicht erklärlich. Ein kleiner Theil davon ist Kohle. Nähme man den ganzen Verlust für Phosphor, so würde das Verhältnifs nahe $R^2 P$; allein ein so im Kleinen angestellter Versuch mit einem so zusammengesetzten Körper kann nicht genau genug seyn, um mit Sicherheit darauf eine Rechnung zu begründen.

Bei diesen Versuchen fand ich, dafs das mit Unterstützung von Wärme in einer etwas verdünnten Säure aufgelöste Pallas-Eisen, nachdem die Flüssigkeit sich stark mit einem neutralen Eisensalze gesättigt hatte, ein Skelett von der Form des Eisens zurückliefs, das jedoch so leicht war, dafs es von dem sie entwickelnden Gase in der Flüssigkeit herumgeführt wurde. Ich liefs die Flüssigkeit stehen bis alle Gasentwicklung aufgehört hatte und wusch dann das Skelett mit siedendem Wasser aus. Es

war schwarz und so porös, dafs es zwischen den Fingern zusammengedrückt werden konnte. Zur Analyse konnte ich davon nur 0,088 Grm. anwenden. Es liefs sich in Sauerstoffgas verbrennen, brannte mit Lebhaftigkeit und erzeugte 3,75 Milligrm. kohlensauren Kalk, während sein Gewicht bis auf 0,114 sich vermehrte. Es wurde in Salzsäure gelöst und nach dem zuvor beschriebenen Plan analysirt; dadurch wurden erhalten:

Eisen	57,18
Nickel	34,00
Magnesium	4,52
Zinn und Kupfer	3,75
Kohle	0,55
	100,00.

Es enthielt eine äufserst geringe Spur von Phosphor, welche indefs wahrscheinlich den vom Skelett noch umschlossenen Theilen der Phosphorverbindung angehörten. Die Gegenwart vom Magnesium hierin beweist, dafs dieses Metall in Verbindung mit Nickel und Eisen weniger löslich ist als selbst das Eisen.

Der *Pallas-Olivin* ist von Walmstedt [1]) und von Stromeyer [2]) untersucht worden. Ersterer fand, dafs die Zusammensetzung dieses Minerals sich vollkommen durch die Formel $\left.\begin{matrix} Mg \\ f \end{matrix}\right\} S$ ausdrücken lasse. Letzterer, welcher Nickel in anderen Olivinen gefunden, fand, wider alle Vermuthung, dafs der Pallas-Olivin frei davon sey, wiewohl schon Howard angegeben, dafs darin bis zu 1 Procent Nickeloxyd vorkomme. Hr. Prof. Walmstedt hat die Güte gehabt, mir eine kleine Probe von dieser, nunmehr seltenen Substanz abzulassen; sie war

1) *Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1824 *p.* 361 (Ann. Bd. IV S. 198).

2) Götting. gelehrt. Anzeigen, d. 27. Dec. 1824 (Annal. Bd. IV S. 193).

aus der gröfseren Stufe vom Pallas-Eisen, die im Mineralienkabinett der Universität zu Upsala aufbewahrt wird, herausgefallen.

Ich habe sie nach dem zuvor beschriebenen Plan analysirt, d. h. mittelst Zersetzung des geschlemmten Pulvers durch Salzsäure, Behandlung der Lösung mit Schwefelwasserstoffgas u. s. w. [1]), und erhielt dabei ein mit Kupferoxyd verunreinigtes Zinnoxyd, ganz wie aus den vorhergehenden Meteorsteinen, konnte aber darin, wie Stromeyer, nicht die geringste Spur von Nickel entdecken. Meine Analyse stimmte übrigens fast vollkommen mit der von Walmstedt überein. Er fand eine Spur von Kalk und Thonerde, ich eine von Kali und Natron, welche zusammen 0,007 Procent Chloralkalium gaben.

Ich werde hier die Resultate meiner und Walmstedt's Analyse zusammenstellen:

	W.	B.	Sauerstoffgehalt:	
Kieselerde	4083	40,86		21,039
Talkerde	47,74	47,35	18,32	
Eisenoxydul	11,53	11,72	2,67	21,08
Manganoxydul	0,29	0,43	0,09	
Zinnoxyd	—	0,17		
	100,39	100,53.		

Die Gegenwart von Zinnoxyd in diesem Olivin veranlafste mich nachzusehen, ob dasselbe Oxyd auch in tellurischen Olivinen vorkomme, deren Nickelgehalt sie früher in Uebereinstimmung mit den meteorischen gebracht hatte. Zu dieser Untersuchung wählte ich zwei Arten von Olivinen, von denen die eine in Böhmen, bei Boscovich, nicht weit von Aussig, vorkommt, und die an-

1) Es dienten hiezu Salzsäure und Wasser, die zuvor mit Schwefelwasserstoff gesättigt und durch Kochen wieder davon befreit waren, um der Abwesenheit eines jeden Zinngehalts der Reagenzien sicher zu seyn.

dete von mir selbst aus einer der Lavamassen im Departement *Puy de Dôme* herausgelöst worden war. Beide enthielten, ganz wie die zuvor untersuchten Meteorsteine, Zinnoxyd, verunreinigt mit Kupferoxyd, in Menge nicht voll 0,2 Procent betragend. Die Anwesenheit des Kupferoxyds entdeckte sich mit Leichtigkeit als das Zinnoxyd vor dem Löthrohr auf Kohle mit ganz wenig Borax geschmolzen wurde; das Zinn reducirte sich dabei zu einer geflossenen Kugel, und liefs an der Seite ein Glas zurück, welches beim Erkalten undurchsichtig und roth wurde.

Der böhmische Olivin war im Ansehen vollkommen dem Pallas-Olivin gleich. Ich setzte deshalb die Analyse desselben fort, um zu finden, ob er nickelfrei sey. Die Lösung wurde mit Salpetersäure oxydirt, das Eisenoxyd mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt und die filtrirte Auflösung mit kohlensaurem Ammoniak so gesättigt; dafs eine schwache alkalische Reaction, aber kein Niederschlag entstand; nun fällte Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium eine Portion Schwefelnickel, welches, mit Phosphorsalz und metallischem Zinn geprüft, eine Spur von Kobalt entdecken liefs. Diese Uebereinstimmung zwischen dem tellurischen und meteorischen Olivin im Gehalt von zufälligen Bestandtheilen ist meiner Meinung nach besonders merkwürdig.

VI. Meteoreisen von Elbogen.

Ueber den Fall dieser Meteoreisen-Masse ist keine historische Nachricht vorhanden; allein ihre Aufbewahrung seit unbekannter Zeit auf dem Rathhause der Stadt Elbogen deutet darauf hin, dafs ihr Fall beobachtet worden ist, und diefs Veranlassung gegeben hat, sie in Sicherheit zu bringen. Der ihr vom Volke daselbst gegebene Name *der verwünschte Burggraf* scheint darauf hinzuweisen, dafs sie innerhalb des ziemlich kurzen Zeitraums, da Elbogen von Burggrafen regiert wurde, was zu Ende des

14. und zu Anfang des 15. Jahrhunderts geschah, niedergefallen ist. Sie wird jetzt in Wien aufbewahrt. Das Stück, welches ich davon besitze, ist sicher durch viele Hände gegangen, ehe es in die meinigen kam, und sein Ursprung von der Elbogener Masse kann also nicht als ganz sicher angesehen werden; allein die darauf durch Aetzung hervorgerufenen Figuren stimmen so überein mit dem Abdruck von den Figuren des Wiener Stücks, welche in v. Schreiber's *Beiträgen zur Geschichte und Kenntnifs meteorischer Stein- und Metallmassen* Taf. X mitgetheilt werden, dafs ich keinen Grund zum Argwohn einer Vertauschung habe, besonders da so solide Stücke von Meteoreisen nicht gemein sind.

Zur Analyse wurde ein abgesägtes Scheibchen von 1,47 Grm. Gewicht angewandt. Es wurde in Salzsäure gelöst. Das Wasserstoffgas gab in ammoniakhaltiger Silberlösung eine äufserst geringe aber doch nicht zu verkennende Spur Schwefel. Während der Lösung fiel von dem reineren Eisen ein rufsähnliches Pulver ab, was auf den Widmanstädten'schen Figuren nicht bemerkt wurde, da diese sich blank erhielten. Aufser diesem schwarzen Pulver fielen, wie vom Pallas-Eisen, metallische Flitterchen ab, von denen jedoch einige ziemlich grofs waren, und zerbrochenen Krystallen glichen. Das Ungelöste wog 0,0325 Grm. oder 2,211 Procent.

Die Lösung wurde auf gleiche Weise wie die des Pallas-Eisens analysirt. Das Elbogener Eisen fand sich darnach bestehend aus:

Eisen	88,231
Nickel	8,517
Kobalt	0,762
Magnesium	0,279
Phosphormetallen	2,211
Schwefel und Mangan	Spur
	100,000.

Das Nickel enthielt Zinn und Kupfer, aber ich hatte nicht Material genug zu einer Bestimmung ihrer Menge, die jedenfalls höchst gering war. Klaproth fand im Elbogener Eisen nur 2½ Procent Nickel, Neumann dagegen 6,45 Proc. Der Anblick der verschiedenen Dichtheit der Figuren auf diesem Meteoreisen beweist, dafs es in verschiedenen Stücken nicht gleich zusammengesetzt seyn könne; eine solche Abweichung aber, als sich in Klaproth's Resultate findet, kann nur die Folge einer fehlerhaften Methode in Abscheidung des Nickels seyn.

Die unlöslichen Phosphormetalle gleichen ganz denen aus dem Pallas- und Bohumiliz-Eisen, stimmen aber in ihren Zusammensetzungsverhältnissen am nächsten mit denen aus letzterem. Ich erhielt nämlich, einen Verlust ungerechnet, der fast eben so grofs war wie bei den Flitterchen aus dem Pallas-Eisen, bei einer Analyse von 0,028 Grm.:

Eisen	68,11
Nickel und Magnesium	17,72
Phosphor	14,17.

Die Phosphormetalle des Bohumiliz-Eisens gaben 65,977 Eisen, 15,008 Nickel, 14,023 Phosphor, 2,037 Kiesel, 1,422 Kohle. Vom Kiesel fand sich keine Spur im Elbogener Eisen; auf Kohle wurde es nicht untersucht, da dazu nur unverbrennliche Krystalle angewandt wurden. Das Nickel enthielt eine Spur von Zinn und Kobalt. Uebrigens wurde hier derselbe Fehler wie bei Untersuchung der Phosphorverbindungen des Pallas-Eisens begangen, nämlich in dem mit bernsteinsaurem Ammoniak abgeschiedenen Eisenoxyd die Phosphorsäure nicht nachgesucht. Die mit dem Bohumiliz-Eisen angestellten Versuche ergaben, dafs sich wirklich Phosphor darin befindet; aufserdem, was in die unlöslichen Phosphormetalle eingeht. Vermuthlich enthalten die letzteren auch dort Magnesium.

Die nun angeführten Untersuchungen zeigen, dafs die Meteorsteine Bergarten sind, gemengt aus mehren Mineralien in variirendem Verhältnifs. Diese Mineralien sind folgende:

1) *Gediegenes Eisen.* Diefs macht zuweilen die Hauptmasse des Niedergefallenen aus, doch ist, so weit bisher bekannt, seit 1802 keine solche Masse gefallen. Die Meteorsteine, in denen Eisen der überwiegendste Bestandtheil ist, zerspringen nicht beim Fall, und bilden daher die gröfsten der gefundenen Meteorsteine. Das Eisen darin bildet zuweilen eine dichte Masse, zuweilen gewundene kleinere und gröfsere Theile, so wie Körner, gewöhnlich voller Grübchen und Höhlungen, welche eine Steinmasse umschliefsen. Das Eisen ist gemengt mit anderen Metallen, hauptsächlich mit Nickel, dessen Quantität nicht beständig zu seyn scheint. In dem übrigen ist eine chemische Verbindung von Eisen und Nickel angeschossen, und da sie sich träger in Säuren löst als das dazwischen befindliche reinere Eisen, so entstehen durch Aetzung die unter dem Namen der Widtmanstädten'schen Figuren bekannten Zeichnungen von diesen Krystallen. Läfst man eine solche geätzte Oberfläche nach dem Poliren anlaufen, so wird das Eisen dunkelblau und die Nickellegirung brandgelb. Das Eisen enthält überdiefs kleine Quantitäten von Kobalt, Magnesium, Mangan, Zinn, Kupfer, Schwefel und Kohle, zuweilen auch eine Spur von Phosphor. Schwefel und Kohle gehen mit dem Wasserstoffgase fort. Zinn und Kupfer lösen sich, selbst ohne Zusatz von Salpetersäure, neben dem Eisen und Nickel. Wenn das gediegene Eisen aufgelöst wird, fallen in Säuren unlösliche Phosphormetalle von ihm ab; ein Theil derselben war gleichförmig mit dem Eisen gemengt und scheidet sich in leichten schwarzen, Kohle ähnlichen Flokken ab, ein anderer Theil dagegen in kleinen metallischglänzenden Krystallen, welche die Eigenthümlichkeit zeigen, dafs einige ihrer Seiten wie Bruchflächen aussehen,

die anderen ächte Krystallflächen sind. Das schwarze Pulver verbrennt in Sauerstoffgas und giebt dabei eine geringe Spur von Kohlensäure. Die eigentliche Verbrennung gehört den Metallen und dem Phosphor an. Ohne Zweifel sind die Krystalle Phosphorete von Eisen, Nikkel und Magnesium in bestimmtem Verhältnisse; aber meine Versuche darüber sind noch so unvollkommen, daſs sich die richtige Zusammensetzung dieser Verbindungen nicht daraus ableiten läſst. Der erste Schritt dazu ist der gewesen, zu bestimmen, daſs solche Phosphorverbindungen wirklich im Meteoreisen vorhanden sind. Wenn hinreichendes Material zu einer genauen Untersuchung zu bekommen ist, wird der zweite darin bestehen, die Zusammensetzung dieser Verbindungen genau zu bestimmen.

2) *Schwefeleisen.* Dieſs ist kein Schwefelkies, knapp Magnetkies, sondern vermuthlich ein Schwefeleisen, welches 1 Atom von jedem Bestandtheil enthält. Daraus erklärt sich seine geringe magnetische Polarität, so wie die groſse Heftigkeit, mit der es unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas von Säuren zersetzt wird. Bei den von mir untersuchten Meteorsteinen habe ich es nicht in abgesonderten Theilen angetroffen, sondern so gemengt mit der Masse, daſs ich durch das Ansehen derselben keine Kenntniſs von ihm erhalten konnte. Es trägt vermuthlich zur dunkeln Farbe der Meteorsteine bei. Es kann, wie schon Howard vermuthete, niemals vollständig mit dem Magneten ausgezogen werden, weil es sich beim Zerreiben an die Theile des härteren Pulvers setzt und dieselben färbt. Howard analysirte das Schwefeleisen aus dem Meteorstein von Benares, und bekam 10,5 Eisen, Nickel 1,0, Schwefel 2,0 und Verlust 0,5. Der Schwefelgehalt ist nicht ein Drittel von dem, was Eisen und Nickel in $\acute{Fe}$ und $\acute{Ni}$ aufnehmen, und dieſs beweist hinreichend, daſs Howard ein Gemeng von Schwefeleisen mit fein vertheiltem Nickeleisen zu seiner Analyse anwandte. Solche Gemenge aber habe ich wenigstens im-

mer erhalten, wenn ich das Schwefeleisen zu einer Analyse absondern wollte. Wie wahrscheinlich es auch seyn mag, dafs das Schwefeleisen ein wenig Schwefelnickel und Schwefelkupfer einschliefst, so kann diefs doch aus den Versuchen, die wir bisher besitzen, nicht gefolgert werden. Eine Analyse des Schwefeleisens der Meteorsteine ist folglich ein Desiderat, aber es wird dabei nothwendig, sich nicht durch eine Einmengung von fein vertheiltem Nickeleisen irre führen zu lassen.

3) *Magneteisenstein.* Wiewohl das Eisen in den Meteorsteinen hauptsächlich als Metall und im Minimo der Oxydation vorkommt, so findet sich doch ganz bestimmt Eisenoxyduloxyd in dem Meteorstein von Lontalax, deren einziger dem Magneten folgsamer Bestandtheil daraus besteht, so wie in dem Meteorstein von Alais, wo es das Meiste von dem mit dem Magneten Ausziehbaren ausmacht, ungeachtet sich auch darin gediegenes Eisen in geringer Menge eingemengt befindet. Ob es sich für gewöhnlich in den Meteorsteinen finde, weifs ich nicht mit Sicherheit. Allein, wenn deren Pulver mit Salzsäure übergossen wird, entwickelt sich zuerst etwas Schwefelwasserstoffgas, welches nach einem Augenblick verschwindet, und sodann wird die Säure gelb, was ohne die Gegenwart von Eisenoxyd nicht möglich wäre, es sey denn es wäre Sauerstoff aus der Luft absorbirt. Es ist darnach glaublich, dafs der Ueberschufs des Sauerstoffs der Basen des in Säuren löslichen Bestandtheils der Meteorsteine herrührt von einer Einmengung von Eisenoxyduloxyd in so fein zertheiltem Zustand, dafs es von dem Magneten nicht anders als sehr unvollkommen ausgezogen wird.

4) *Meteor-Olivin* macht ungefähr die Hälfte von dem aus, was nach Ausziehung der magnetischen Bestandtheile zurückbleibt, und wird von Säuren mit Zurücklassung von Kieselerde zersetzt. Seine Formel ist ganz die des gewöhnlichen Olivins, nämlich $\left.\begin{matrix}M\\f\end{matrix}\right\}S$, worin M und

f in relativer Menge variiren. Er enthält als isomorphe Substitutionen kleine Mengen von Nickeloxyd- und Manganoxydul-Silicat, auch eine Portion Zinnoxyd, worin er dem tellurischen Olivin gleicht. Ob die kleinen Quantitäten von Kali und Natron, welche die Analyse ergab, ihm wesentlich angehörten, oder eine Probe von der angefangenen Zersetzung des unlöslichen Minerales waren, läfst sich für jetzt nicht entscheiden. Dasselbe gilt von dem geringen Thonerdegehalt, den man zuweilen darin antrifft. Bemerkenswerth ist, dafs er fast niemals Kalk enthält.

5) *In Säuren unlösliche Silicate von Talkerde, Kalk, Eisenoxydul, Manganoxydul, Thonerde, Kali* und *Natron*, in welchen der Sauerstoff der Kieselerde das Doppelte des der Basen ist. Vermuthlich bilden sie mehr als ein Mineral, ein pyroxenartiges $\left.\begin{matrix}M\\C\\f\end{matrix}\right\} S^2$ und ein leucitartiges $\left.\begin{matrix}M\\C\\N\\K\end{matrix}\right\} S^2 + 3AS^2$.

Die schwarze Rinde auf den Meteorsteinen ist Folge der Schmelzbarkeit ihrer Silicate, welche auch dazu beitragen, den für sich unschmelzbaren Olivin in Flufs zu bringen.

Besonders verdient erwähnt zu werden, dafs wenn die Meteorsteine aus tellurischem Olivin und Pyroxen gebildet wären, ihre Farbe grün oder, durch höhere Oxydation des Eisens darin gar kohlschwarz seyn müfste, woraus zur Genüge erhellt, dafs die geschmolzene schwarze Kruste erst in der Atmosphäre der Erde entstanden ist.

6) *Chromeisen.* Dafs dieses Mineral ein so beständiger Begleiter der Meteorsteine ist, ist in Wahrheit bemerkenswerth, da es immer nur in ganz geringer Menge darin gefunden wird. Die obigen Versuche zeigen, dafs

es unzersetzt abgeschieden wird, doch wird dabei auch immer ein Theil desselben zersetzt, dessen Bestandtheile in dem abgeschiedenen Eisenoxyde, dem sie folgen, gesucht werden müssen.

7) *Zinnstein.* Der Zinngehalt der Meteorsteine rührt her theils von dem gediegenen Eisen, welches zinnhaltig ist, theils von einer geringen Menge Zinnoxyd, welches, nebst Chromeisen, darin vertheilt ist, und wie das Chromeisen bei der analytischen Behandlung theils sich löst, theils zurückbleibt, gemengt mit dem Chromeisen. Das Zinnoxyd ist kupferhaltig; ob es auch, wie das tellurische, etwas Eisen- und Manganoxydul enthalte, habe ich nicht ausmitteln gekonnt.

Ein noch genaueres Studium der Meteorsteine aus dem Gesichtspunkt, von dem ich ausging, würde uns unzweifelhaft in Zukunft mit noch mehren Bestandtheilen derselben bekannt machen.

Wenn wir die Meteorsteine als Proben von Bergarten betrachten und sie mit denen unserer Erde vergleichen, so zeigen sich dabei, auch wenn man den Gehalt an gediegenem Eisen ausnimmt, wesentliche Unterschiede. Der Reichthum an Talkerde, welche überall vorwaltender Bestandtheil ist, die Seltenheit der Kieselerde und der unbedeutende Gehalt an Silicaten von Thonerde und Alkali zeichnen die Meteor-Bergarten aus. Auf der Erde verhält es sich umgekehrt; hier ist die Kieselerde überwiegend, und Silicate von Thonerde und Alkali sind überall die hauptsächlichsten Gemengtheile. Die Talkerde kommt sparsam vor. Die Feinkörnigkeit und der geringe Zusammenhang in der Textur der Meteorsteine könnte darauf hindeuten, daſs sie im geschmolzenen Zustande ausgeworfen wurden, und daſs sie sich folglich mit den Producten der tellurischen Vulkanen vergleichen lassen. Indeſs scheint ein solcher Vorgang nicht stattgefunden zu haben. Wenn man die Textur eines gröſseren Meteorsteinstücks genau betrachtet, so findet man,

dafs sie gesprungen gewesen sind, und dafs diese Sprünge ausgefüllt wurden mit einer andern mehrentheils dunkleren Steinmasse. Aehnliche Verhältnisse findet man in v. Schreiber's zuvor citirter Arbeit über Meteorsteine abgebildet. Diefs weist auf eine langsamere und ruhigere Bildungsart hin. Dafs der Olivin unter den tellurischen Vulkanproducten und selten in andern vorkommt, beweist nicht die Nothwendigkeit, dafs der Olivin immer ein vulkanisches Product seyn müsse. Er ist unschmelzbar und findet sich eingeschlossen in vulkanischen Bergarten, weil er nicht mit ihnen zusammen in Flufs treten kann. In den Meteorsteinen ist er dagegen so gleichförmig mit den übrigen Bestandtheilen gemengt, dafs seine Anwesenheit in diesen offenbar einen anderen Grund hat als die der Olivindrusen in der Lava und dem Basalt. Der Meteorstein von Alais beweist, dafs in der Heimath der Meteorsteine, unter irgend einem geognostischen Ereignifs, Bergarten zerfielen und sich in eine Art Erde verwandelten, und dafs selbst diese olivinartige mit gediegenem Eisen gemengte Masse die Bergart war, welche zertrümmert ward. Den Gehalt dieser Erde an Salzen, die in Wasser löslich sind, scheint zu beweisen, dafs jener Vorgang ohne Mitwirkung von Wasser geschah, oder in einem Wasser, welches bedeutende Mengen von diesen Salzen gelöst enthielt, so dafs dieselben beim Austrocknen zurückblieben. Der kohlehaltige Stoff, den diese Erde eingemengt enthält, scheint nicht zu dem Schlufs zu berechtigen, dafs in der ursprünglichen Heimath dieser Erde eine organische Natur vorhanden sey. Diese Eigenschaft der Erde scheint mehr als ein anderer Umstand zu zeigen, dafs die Meteorsteine nicht in flüssiger Form ausgeworfen wurden und sodann erkalteten, weil unter solchen Umständen eine Erdbildung nicht denkbar ist.

Das eben Angeführte gilt von der Mehrzahl der Meteorsteine, welche alle als abstammend aus einer gemeinschaftlichen Gegend betrachtet werden können. Aber

unter den untersuchten Meteorsteinen haben drei eine so wesentlich verschiedene Zusammensetzung gegen die übrigen gezeigt, dafs man mit Sicherheit sagen kann, sie sind nicht von demselben Ort gekommen wie jene, sondern rühren entweder von einem andern Weltkörper her, oder von einer andern Gegend auf demjenigen, der uns die übrigen zusandte. Dagegen stimmen sie unter sich so gut überein, dafs man wohl vermuthen kann, sie haben eine gemeinschaftliche Heimath: diefs sind die, welche bei *Stannern* in Mähren, bei *Jonzac* und bei *Juvenas* in Frankreich gefallen sind. Der erste ist von Moser und sodann von Klaproth untersucht, die beiden andern sind es von Laugier. Sie weichen von den entsprechenden darin ab, dafs sie kein gediegenes Eisen enthalten, dafs sie ein Aggregat von deutlich unterscheidbaren Mineralien ausmachen, wiewohl die Gemengtheile von äufserst geringem Volume sind, und dafs Talkerdesilicat nur zu einer ganz unbedeutenden Quantität in ihre Zusammensetzung eingeht. Dagegen enthalten sie, aufser etwas Schwefeleisen, Silicate von Kalk, Thonerde und Eisenoxydul. Auch enthalten sie Chrom. Das Verhältnifs zwischen dem Sauerstoff in der Kieselerde und dem in den Basen ist solcher Art, dafs der erstere mehr als eben so viel und weniger als doppelt so viel wie letzterer beträgt. Ungefähr ein Drittel ihrer Masse (Kieselerde darin nicht mit begriffen) ist, nach Laugier's Analyse des Meteorsteins von Juvenas, löslich in Säuren, woraus sich wohl vermuthen läfst, dafs in dem löslichen Theile die Kieselerde und die Basen gleich viel Sauerstoff enthalten, in dem unlöslichen aber, der Sauerstoff in ersterer doppelt so grofs als in letzteren sey, wie in den zuvor beschriebenen Meteorsteinen. G. Rose hat diese Art von Meteorsteinen näher untersucht, und es wahrscheinlich gemacht, dafs sie Gemenge seyen von Labrador und Pyroxen, nebst etwas nickelfreiem Magnetkies, der indefs nach seinen Versuchen dem Magneten nicht folgt [1]).

1) Poggendorff's Annalen, Bd. IV S. 173.

1834. ANNALEN No. 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

Wenn die verschiedenen Arten von Meteorsteinen aus dem Monde herstammen, so scheint es klar zu seyn, dafs die letztere und seltnere Art aus einer Gegend desselben herrührt, die so gelegen ist, dafs die von dort ausgeworfenen Körper nicht direct auf die Erde zufliegen wie die gewöhnlichen Meteorsteine, und dafs darin der Grund ihrer Seltenheit liegt. Dafs das gediegene Eisen in denselben fehlt, ist bemerkenswerth, und zeigt, dafs der grofse Gehalt an gediegenem Eisen, welcher die gewöhnlichen Meteorsteine auszeichnet, nicht allgemein verbreitet ist, und es kann die Hypothese unterstützen, dafs dasselbe in einer gewissen Gegend auf dem Mond reichlicher vorkomme, und diefs die Ursache sey, dafs diese Gegend, vermöge des magnetischen Einflusses abseiten der Erde, dieser unverändert zugewandt ist.

Um einen Begriff zu geben, wie verschieden in ihrer Zusammensetzung diese drei Meteorsteine von den von mir beschriebenen sind, will ich hier das Resultat von Klaproth's und Laugier's Analysen anführen:

	Stannern [1]).	Jonzac [2]).	Juvenas [3]).
Kieselerde	48,25	46,00	40,0
Talkerde	2,00	1,60	0,8
Kalk	9,50	7,50	9,2
Eisenoxydul	23,00	32,40	23,5
Thonerde	14,50	6,00	10,4
Manganoxyd		2,80	6,5
Kali			0,2
Kupferoxyd			0,1
Chromoxyd		1,00	1,0
Schwefel	2,75	1,50	0,5.

1) Klaproth's Beiträge, Bd. V S. 237.
2) *Ann. de chim. et de phys. T. XIII p.* 441.
3) Gilbert's Annal. d. Physik, Bd. LXXI S. 208.

Der Meteorstein von Stannern ist neuerdings wieder von v. Holger [1]) untersucht, aber auf eine Weise, welche keine Bürgschaft für die Richtigkeit des Resultates liefert, man kann wohl sagen, ein offenbar unrichtiges Resultat gegeben hat. Von dem, was mit Königswasser ausgezogen werden kann, glaubt er, es hätte sich als regulinisches Metall in dem Stein befunden, und auf diese Weise bekommt er einen nicht unbedeutenden Gehalt von metallischem Aluminium, Calcium, Mangan u. s. w. Wie wenig aber auch diese Untersuchung den Anforderungen unserer Zeit entspricht, so enthält sie doch eine Bemerkung, die, falls sie richtig ist, die Gegenwart eines Stoffs andeutet, welcher Moser und Klaproth entgangen ist. Als er nämlich das Eisen aus der mit Königswasser erhaltenen Lösung niederschlagen wollte, und dazu benzoësaures Alkali anwandte, war dieser Niederschlag weniger gefärbt als es mit Eisenoxydsalzen gewöhnlich ist. Durch ganz unvollkommene Versuche glaubte er gefunden zu haben, dafs dieser Niederschlag, aufser Eisenoxyd, Zinnoxyd und Ceroxydul enthalte. Dafs letzteres das nicht war, für was es v. Holger hielt, sieht man sogleich daraus, dafs er es in Form von Ceroxydul abschied und abwog, da es doch unmöglich ist dasselbe isolirt darzustellen, indem es sich beim Waschen in gelbes Oxydhydrat und beim Glühen in rothes Oxyd verwandelt, in welchem Fall die Farbenveränderung daran erinnert, Oxyd statt Oxydul zu schreiben. Was das Zinn betrifft, so ist dessen Gegenwart nach dem, was ich in dem Vorhergehenden angeführt, gewifs wahrscheinlich; allein v. Holger hat das fragliche Oxyd, statt darauf die leichte und unzweideutige Probe der Reduction zu einem Zinnkorn vor dem Löthrohr anzuwenden, aus dem Grunde für Zinn erklärt, weil es aus seiner Auflösung durch Zink gelatinös und weifs niedergeschlagen, und durch's Glü-

1) Baumgart'ner's Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften, Bd. II S. 293.

hen unlöslich wurde. Diese Eigenschaft theilt aber das Zinnoxyd mit der Thon- und Zirkonerde, welche letztere zugleich, wie das Ceroxydul, von schwefelsaurem Kali gefällt wird. Auch werden diese Erden aus ihrer neutralisirten Lösung durch benzoësaures Alkali gefällt. In jeder Hinsicht verdient v. Holger's Beobachtung über die Beschaffenheit des mit benzoësaurem Alkali erhaltenen Niederschlags der Gegenstand einer abermaligen Untersuchung zu werden.

Was die einfachen Körper betrifft, welche bisher unter den Elementen der Meteorsteine gefunden worden sind, so machen dieselben gerade ein Drittel von den auf der Erde entdeckten aus. Sie sind:

Sauerstoff als Bestandtheil der Metalloxyde und Erden.

Wasserstoff, in der löslichen organischen Verbindung im Stein von Alais.

Schwefel, Bestandtheil des Schwefeleisens und der schwefelsauren Talkerde.

Phosphor, in den metallischen Flitterchen, welche, bei Auflösung des Meteoreisens in Salzsäure oder Schwefelsäure, von diesem abfallen.

Kohle, im Meteoreisen und in den unbekannten Verbindungen im Stein von Alais.

Kiesel, in den Silicaten.

Von Salzbildnern ist, so weit bekannt, noch keiner gefunden. Eine Spur von Chlorverbindungen kann nach dem Falle leicht hinzugekommen seyn. Von elektro-negativen Metallen ist nur das *Chrom* gefunden. Es wurde von Laugier entdeckt, der auch zeigte, dafs es wesentlich den Meteorsteinen angehöre.

Kalium wurde zuerst von Vauquelin bemerkt, *Natrium* kurz darauf von Stromeyer. *Calcium, Magnesium* und *Aluminium* sind als Oxyde gewöhnliche Bestandtheile der Meteorsteine.

[v. Holger hat angegeben, dafs er in dem Meteoreisen von Bohumiliz metallisches *Beryllium* gefunden habe.

Ich habe gezeigt, daſs dieſs ein Irrthum sey, und daſs er vermuthlich ein Gemenge von phosphorsaurer Talkerde und phosphorsaurem Manganoxydul für Beryllerde genommen habe. Wenigstens erhielt ich nichts anderes, als ich nach Beryllerde suchte. Seitdem hat v. Holger [1]) erklärt, der Irrthum liege auf meiner Seite, und der Phosphor, den ich gefunden, rühre her von einer zufälligen Verunreinigung des zur Analyse angewandten Eisens. Hiedurch veranlaſst, habe ich mit einem 3,5 Grm. wiegenden Rückstand vom Bohumiliz-Eisen einen besonderen und abermaligen Versuch zur Ausziehung der Beryllerde angestellt, auf die Weise, daſs ich die Lösung in eine warme Lösung von ätzendem Kali eintröpfelte und damit kochte. Die abgeschiedene ätzende Flüssigkeit hielt wirklich eine geringe Spur von Etwas aufgelöst, welches, als es gefällt war, aussah, wie eine Erde, welches aber, wie ein damit angestellter Versuch lehrte, ein Gemenge war von phosphorsaurem Kalk, Magnesia und Mangan, ohne Spur von Beryllerde.]

Von den eigentlichen Metallen: *Eisen*, *Mangan* und *Nickel*, entdeckt von Howard, *Kobalt* von Stromeyer, *Kupfer* von Laugier; das *Zinn* ist, falls das von v. Holger in dem Meteorstein von Stannern Aufgefundene etwas anders als Zinn seyn sollte, zuerst in dieser Abhandlung mit Sicherheit nachgewiesen.

Zusammen sind es also *achtzehn* einfache Körper.

1) Baumgartner's Zeitschrift: Bd. II S. 35.

XV. *Sechste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Hrn. Michael Faraday.*

(Uebersandt vom Hrn. Verfasser in einem besonderen Abzuge aus den *Philosoph. Transact. f.* 1834. — Von den früheren Reihen dieser Untersuchung findet man die fünfte im Bd. XXXII S. 401, die vierte im Bd. XXXI S. 225, die dritte im Bd. XXIX S. 274 und 365, die zweite im Bd. XXV S. 142 und die erste ebendaselbst S. 91.)

§. 12. Ueber das Vermögen der Metalle und anderer starren Körper, Gase mit einander zu verbinden.

564) Der Folgerung gemäfs, zu welcher ich in diesem Abschnitt gelangt bin, scheint derselbe vielleicht nicht geeignet in eine Reihe von Untersuchungen über die Elektricität zu gehören, weil, so merkwürdig die Erscheinungen auch sind, die Kraft, welche sie erzeugt, nicht als elektrischen Ursprungs betrachtet wird, es sey denn, alle Anziehungen zwischen Theilchen hätten dieses subtile Agens zur gemeinschaftlichen Ursache. Allein, da die untersuchten Erscheinungen aus elektrischen Untersuchungen hervorgegangen sind, sie mit anderen von elektrischer Natur direct zusammenhängen, und bei einer sehr ausgedehnten Reihe von elektro-chemischen Zersetzungen (707) nothwendig verstanden und gehütet seyn wollen, so habe ich mich vollkommen für berechtigt gehalten, sie hier auseinanderzusetzen.

565) Da ich glaube bewiesen zu haben (durch später (705) zu beschreibende Versuche), dafs eine gewisse Menge von Elektricität eine beständige und bestimmte chemische Wirkung hervorbringt, welch eine Intensität sie auch haben mag, oder wie auch die Umstände bei ihrem Durchgang durch den zersetzt werdenden Körper oder die vollkommneren Leiter abgeändert seyn mögen,

so bemühte ich mich auf dieses Resultat ein neues Meſswerkzeug zu construiren, welches wegen seines Gebrauchs, wenigstens vorläufig, *Volta-Elektrometer* (739) genannt werden mag.

566) Im Laufe der Versuche, um dieses Instrument wirksam zu machen, beobachtete ich bisweilen zu meinem Erstaunen einen Verlust bei den aus den Wasserzersetzungen erhaltenen Gasen, und zuletzt ein wahres Verschwinden von Portionen, die entwickelt, aufgefangen und gemessen worden waren. Die Umstände dieses Verschwindens waren folgende. Eine Glasröhre, etwa 12'' lang und 0'',75 im Durchmesser haltend, besaſs in ihrem oberen Ende zwei hermetisch eingeschmolzene Platinpole. So weit diese Pole durch das Glas gingen, waren sie von Draht; inwendig endigten sie aber in Platten, welche mit Gold an die Drähte gelöthet waren (Fig. 1 Taf. III)[1]). Die Röhre war mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und in einem Becher voll derselben Säure umgekehrt. Durch Verbindung der Drähte mit einer voltaschen Batterie, war so viel Sauerstoff- und Wasserstoffgas entwickelt worden, daſs vier Fünftel der Röhre oder 116 Theile der Skale davon eingenommen wurden. Bei Trennung der Röhre von der Batterie fing das Gasvolum sogleich an abzunehmen; nach ungefähr fünf Stunden waren nur 13,5 Theile übrig, und zuletzt verschwanden auch diese.

567) Durch verschiedene Versuche ergab sich, daſs der Sauerstoff und Wasserstoff nicht entwichen oder ab-

1) Um diese interessante und lehrreiche Abhandlung den Lesern möglichst rasch zu überliefern, ist dieselbe einstweilen ohne die dazu gehörigen Figuren gegeben, in der Voraussetzung, daſs sie dadurch an Verständniſs im Allgemeinen nicht verliere. Die Figuren werden übrigens mit der sehr wichtigen siebenten Reihe dieser Untersuchung, welche der Hr. Verfasser mir gleichzeitig mit der vorliegenden übersandte, in wenigen Wochen nachgeliefert werden. *P.*

sorbirt waren, sich auch nicht in Folge einer *ihnen* unter diesen Umständen etwa eigenthümlichen Beschaffenheit, sondern durch eine von einem oder beiden Polen in der Röhre auf sie ausgeübte Wirkung zu Wasser verbunden hatten. Als die Pole, nachdem sie auf die verdünnte Schwefelsäure gewirkt hatten, von der Säule abgelöst, und in getrennte Röhren, die ein Gemeng von Sauerstoff- und Wasserstoffgas enthielten, eingeführt wurden, fand sich, dafs der *positive* die Vereinigung der Gase bewirkte, der negative aber anscheinend nicht (588). Auch ward ermittelt, dafs zwischen dem positiven Pol und Sauerstoff- oder Wasserstoffgas allein keine merkbare Wirkung stattfand.

568) Diese Erscheinungen führten zu dem Schlufs, dafs das Platin, nachdem es als positiver Pol der voltaschen Säule gedient hat, die Fähigkeit besitze, Sauerstoff- und Wasserstoffgas in gewöhnlichen und selbst niedrigen Temperaturen mit einander zu verbinden. Diese Wirkung ist, so viel ich weifs, ganz neu, und hat mich sogleich veranlafst, zu ermitteln, ob sie wirklich elektrischer Natur sey, und in wie weit sie bei den elektrochemischen Zersetzungen, welche im 14. Paragraph dieser Untersuchungen vorkommen, die Bestimmung der entwickelten Gasmengen stören würde.

569) Es wurden mehre Platinplatten verfertigt (Taf. III Fig. 2). Die Breite derselben betrug nahe 0,5 Zoll, die Länge 2,5 Zoll, die Dicke bei einigen nicht mehr als $\frac{1}{600}$ Zoll, bei andern $\frac{1}{200}$ Zoll und bei noch andern $\frac{1}{70}$ Zoll. An jede war mittelst Gold ein 7 Zoll langer Platindraht angelöthet. Nun wurde eine Anzahl Glasröhren zubereitet; sie waren 9 bis 10 Zoll lang, inwendig von $\frac{5}{8}$ Zoll Durchmesser, an einem Ende hermetisch verschlossen und graduirt. In diese Röhren wurde über dem Wasser der pneumatischen Wanne ein Gemenge von zwei Volumen Wasserstoff- und einem Volume Sauerstoffgas gebracht, und dann eine der beschriebenen Platten, nach-

dem sie eine gewisse Zeit lang mit dem positiven oder negativen Pol der voltaschen Batterie verbunden gewesen oder anders zubereitet worden, durch das Wasser in das in der Röhre befindliche Gasgemeng eingeführt, darauf das Ganze in einem Glasbecher (Fig. 3 Taf. III) bei Seite gesetzt und länger oder kürzer stehen gelassen, damit der Vorgang beobachtet werden konnte.

570) Das folgende Resultat kann als Erläuterung der zu untersuchenden Erscheinungen dienen. Verdünnte Schwefelsäure von 1,336 spec. Gewicht wurde in eine Glasflasche gebracht, in welcher sich eine große Platinplatte befand, die mit dem negativen Ende einer mäßsig geladenen voltaschen Batterie von vierzig Paaren vierzölliger Platten (mit Doppelplatten von Kupfer) verbunden war. Eine der Platten (569) wurde darauf mit dem positiven Ende derselben Batterie verknüpft, auf fünf Minuten in die nämliche Flasche gebracht, alsdann von der voltaschen Batterie getrennt, mit destillirtem Wasser abgewaschen, und durch das Wasser der pneumatischen Wanne in die Röhre mit dem Gemeng von Sauerstoff- und Wasserstoffgas gesteckt (569). Das Gasvolum begann sogleich sich zu vermindern, und zwar immer rascher und rascher bis etwa drei Viertel des Gemengs verschwunden waren. Das obere Ende der Röhre wurde ganz warm und die Platte selbst so heiſs, daſs das Wasser kochte als es an ihr hinaufstieg. In weniger als einer Minute waren anderthalb Kubikzoll der Gase verschwunden und durch die Kraft des Platins zu Wasser vereinigt.

571) Diese auſserordentliche Wirksamkeit, welche das Platin am positiven Pol der Säule erlangt, äuſsert sich schneller und kräftiger auf Sauerstoff und Wasserstoff als auf irgend ein anderes von mir geprüftes Gasgemeng. Ein Volum Salpetergas (*nitrous gas*) gemengt mit einem Volum Wasserstoffgas wurde in eine Röhre gebracht, mit einer Platinplatte, die vier Minuten lang in verdünnter

Schwefelsäure positiv gemacht worden war (570). Innerhalb einer Stunde zeigte sich keine merkliche Wirkung; und erst nach 36 Stunden war ungefähr ein Achtel des gesammten Volums verschwunden. Es hatte also eine Wirkung stattgefunden, aber eine sehr schwache.

572) Ein Gemeng von 2 Volumen Salpetergas und 1 Volume Wasserstoffgas wurde mit einer ähnlich zubereiteten Platinplatte in eine Röhre gebracht (569. 570). Auch diefsmal zeigte sich keine augenblickliche Wirkung; allein nach 36 Stunden war beinahe ein Viertel des Ganzen, d. h. etwa ein halber Kubikzoll, verschwunden. Beim Vergleiche mit einer anderen Röhre, welche dasselbe Gemeng ohne Platinplatte enthielt, ergab sich, dafs nur ein Theil der Verringerung von dem Platin herrührte, der andere aber von Absorption; das Platin hatte also gewirkt, aber sehr langsam und schwach.

573) Ein Gemeng von einem Volume ölbildenden Gases und drei Volumen Sauerstoffgases wurde durch eine solche Platinplatte nicht afficirt, obwohl es mehre Tage lang mit ihr stehen blieb (640. 641).

574) Auf ein Gemeng von zwei Volumen Kohlenoxydgases und einem Volume Sauerstoffgases wirkte die zubereitete Platinplatte ebenfalls in mehren Tagen nicht ein (645 u. ff.).

575) Ein Gemeng aus gleichen Volumen Chlor und Wasserstoff wurde mit eben so zubereiteten Platinplatten (570) zu mehren Versuchen benutzt. Es trat bald eine Volumsverringerung ein; als aber nach 36 Stunden das Gas untersucht ward, fand sich, dafs fast alles Chlor verschwunden war, und zwar mittelst Absorption, hauptsächlich abseiten des Wassers, und dafs das ursprüngliche Volum des Wasserstoffgases unverändert geblieben. Es hatte hier also keine Verbindung der Gase stattgefunden.

576) Zur Wirkung der zubereiteten Platten auf die Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff zurückkehrend (570), fand ich, dafs deren Kraft, wiewohl in allen Fäl-

len allmälig abnehmend, doch eine gewisse, nach Umständen veränderliche Zeit anhielt. Wenn Röhren, welche Platten enthielten (569), mit frischen Portionen des Gemenges von Sauerstoff und Wasserstoff versehen wurden, sobald die früheren Portionen verdichtet waren, so dauerte die Wirkung länger als dreifsig Stunden, und in einigen Fällen konnte eine langsame Verbindung selbst noch nach achtzig Stunden wahrgenommen werden; allein die Fortdauer der Wirkung hing gröfstentheils von der Reinheit der angewandten Gase ab (638).

577) Einige Platten (569) wurden vier Minuten lang in verdünnter Schwefelsäure von 1,336 specif. Gewicht positiv gemacht, darauf in destillirtem Wasser abgespült, und nun zwei von ihnen in eine kleine, und verschlossene Flasche gebracht, während die übrigen der Luft ausgesetzt blieben. Die in der abgeschlossenen Luftportion aufbewahrten Platten hatten ihre Kraft noch nach acht Tagen behalten, die der freien Atmosphäre ausgesetzten dieselbe aber innerhalb zwölf Stunden fast gänzlich verloren, in einigen Fällen, wo Luftzug stattfand, in noch viel kürzerer Zeit.

578) Es wurden nun Platten in Schwefelsäure von 1,336 spec. Gewicht fünf Minuten lang positiv gemacht. Eine derselben wurde, nach Trennung von der Batterie, acht Minuten lang in der nämlichen Säure gelassen; sie wirkte nun auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff mit anscheinend unverminderter Stärke. Andere wurden nach der Elektrisirung vierzig Stunden lang, und noch andere gar acht Tage hindurch in einer ähnlichen Säure gelassen; dennoch bewirkten sie die Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff eben so gut als die, welche unmittelbar nach der Elektrisirung angewandt worden waren.

579) In ähnlicher Weise wurde die Wirkung von Aetzkalilauge auf die Instandhaltung der Platinplatten geprüft. Nach vierzigstündiger Aufbewahrung in dieser Lö-

sung wirkten sie noch aufserordentlich gut auf Sauerstoff und Wasserstoff, und eine derselben bewirkte eine so rasche Verdichtung dieses Gasgemenges, dafs sie sich stark erhitzte, und ich erwartete, ihre Temperatur würde bis zum Glühen steigen.

580) Aehnlich zubereitete Platten (569), die auf vierzig Stunden in destillirtes Wasser gelegt worden, wirkten, als sie in ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff gebracht wurden, nur sehr langsam und schwach im Vergleich mit denen, die in Säure oder Alkali aufbewahrt worden waren. War jedoch die Menge des Wassers nur klein, so hatte ihr Vermögen nach drei bis vier Tagen nur eine sehr geringe Schwächung erlitten. Da das Wasser in einem Holzgefäfs gestanden hatte, so wurde ein Theil desselben abermals in Glas destillirt; in diesem hielten sich die zubereiteten Platten eine längere Zeit. Zubereitete Platten wurden mit diesem Wasser in Röhren gebracht und darin verschlossen; einige von ihnen, nach 24 Tagen herausgenommen, zeigten sich sehr wirksam auf Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff; und selbst andere, die 53 Tage in dem Wasser gelassen worden, bewirkten noch die Verbindung der Gase. Die Röhren waren nur durch Korke verschlossen worden.

581) Der Act der Verbindung schien die Kraft der Platinplatte immer zu schwächen oder anscheinend zu erschöpfen. Wahr ist's, dafs in den meisten, wenn nicht allen Fällen, die anfangs unmerkliche Vereinigung der Gase allmälig an Schnelligkeit zunahm und zuweilen bis zur Explosion ging; wenn aber die letztere nicht eintrat, nahm die Schnelligkeit der Vereinigung ab, und, obgleich frische Portionen vom Gasgemeng in die Röhren gebracht wurden, verlangsamte sich die Vereinigung immer mehr und hörte zuletzt ganz auf. Der erste Anwuchs in der Schnelligkeit der Vereinigung rührte her theils von dem Wasser, welches von der Platinplatte abflofs und eine innigere Berührung gestattete, theils aber von der Hitze,

welche im Fortgang der Verbindung entwickelt wurde (630). Allein ungeachtet der Wirkung dieser Ursachen trat immer eine Schwächung und zuletzt eine Vernichtung der Kraft ein. Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, dafs, je reiner die der Wirkung der Platinplatte ausgesetzten Gase waren, desto länger auch die verbindende Kraft dieser Platte anhielt. Mit einem Gasgemenge, dafs aus reiner verdünnter Schwefelsäure an den Polen der Säule entwickelt war, dauerte sie am längsten; und mit Sauerstoff und Wasserstoff von vollkommener Reinheit würde sie wahrscheinlich ganz ungeschwächt geblieben seyn.

582) Verschiedene Behandlungsweisen der Platinplatte, nachdem sie aufgehört hatte den positiven Pol der Säule auszumachen, hatten einen sehr sonderbaren Einflufs auf deren Kraft. Eine Platte, die vier bis fünf Minuten lang in verdünnter Schwefelsäure von 1,336 spec. Gewicht als positiver Pol gedient hat, wird, wenn man sie, nach Abspülung in Wasser, in das Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff bringt, sehr gut wirken, und in sechs bis sieben Minuten vielleicht anderthalb Kubikzoll von dem Gasgemeng verdichten; wenn man aber dieselbe Platte, statt sie blofs in destillirtem Wasser abzuspülen, zwölf bis funfzehn Minuten lang darin liegen läfst, wird es selten fehlschlagen, dafs sie bei Einführung in das Gemeng von Wasserstoff und Sauerstoff innerhalb einer oder zwei Minuten in's Glühen geräth und gewöhnlich das Gemenge verpufft. Manchmal verstrichen acht bis neun Minuten, und bisweilen gar vierzig Minuten ehe es zur Wirkung kam, und doch war Glühen und Verpuffen der Erfolg. Diese Wirkung rührt her von der Entfernung einer Portion Säure, die sonst sehr fest an der Platte haftet.

583) Manchmal wurden die Platinplatten (569), nachdem sie als positiver Pol der Säule gedient hatten, gewaschen, mit Filtrirpapier oder Leinwand abgetrocknet, wieder gewaschen und abermals abgetrocknet. Wenn sie

dann in das Knallgas gebracht wurden, wirkten sie anscheinend so, wie wenn sie durch diese Behandlung nicht verändert worden wären. Zuweilen wurden die Röhren, welche das Gasgemeng enthielten, auf einen Augenblick in der Luft geöffnet und die Platten trocken hineingebracht; allein es war kein merklicher Unterschied in der Wirkung wahrzunehmen, aufser dafs dieselbe alsdann schleuniger begann.

584) Auch der Einflufs der Wärme auf die Wirkung der zubereiteten Platten wurde untersucht (595). Platten, welche innerhalb vier Minuten in verdünnter Schwefelsäure positiv gemacht worden waren, wurden in Wasser wohl abgewaschen und in der Flamme einer Weingeistlampe roth geglüht. Dennoch wirkten sie nun sehr gut auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff. Andere Platten, die mittelst des Löthrohrs stärker erhitzt worden waren, wirkten zwar auf jenes Gasgemeng, aber nicht so stark als die früheren. Es erhellt also hieraus, dafs Hitze nicht die Kraft fortnimmt, welche das Platin als positiver Pol der Säule erlangt. Die bisweilige Verringerung der Kraft scheint immer auf andere Ursachen als die blofse Hitze zurückführbar zu seyn. Wenn z. B. die Säure nicht gut von der Platte abgewaschen, oder die angewandte Flamme rufsig war, oder der Alkohol in der Lampe ein wenig Säure enthielt, oder sich an dem Docht der Lampe ein Salz oder eine andere fremdartige Substanz befand, so wurde die Kraft der Platte rasch und stark verringert (634. 636).

585) Diese merkwürdige Eigenschaft wurde auf das Platin übertragen, es mochte nun als positiver Pol gedient haben in Schwefelsäure von 1,336 spec. Gew. oder in einer bedeutend schwächeren oder stärkeren, und selbst in Vitriolöl. Mit gleichem Erfolge wurden auch angewandt: starke und verdünnte Salpetersäure, verdünnte Essigsäure, Lösungen von Wein-, Citronen- und Kleesäure. Bei Anwendung von Salzsäure erlangten die Plat-

ten zwar auch die Fähigkeit zur Verdichtung des Knallgases, aber in schwächerem Grade.

586) Platten, welche in einer Lösung von Aetzkali positiv gemacht worden, zeigten keine merkliche Wirkung auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff. Andere Platten, die in einer Lösung von kohlensaurem Kali oder kohlensaurem Natron positiv gemacht worden, zeigten sich zwar wirksam, aber nur in schwachem Grade.

587) Wurden die Platten in einer neutralen Lösung von schwefelsaurem Natron, salpetersaurem, chlorsaurem, phosphorsaurem oder essigsaurem Kali, oder schwefelsaurem Kupferoxyd innerhalb vier Minuten positiv gemacht und dann in Wasser abgewaschen, wirkten sie sehr leicht und kräftig auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff.

588) Zur Einsicht in die *Ursache* dieser Wirksamkeit des Platins ward es nun sehr wichtig, zu bestimmen, ob *bloſs* der *positive* Pol dieselbe hervorrufe (567), oder ob auch der negative Pol, bei Entfernung der die Wirkung störenden oder unterdrückenden Umstände, die nämliche Fähigkeit besitze. Zu dem Ende wurden drei Platten vier Minuten lang in verdünnter Schwefelsäure von 1,336 spec. Gewicht *negativ* gemacht, in destillirtem Wasser abgewaschen und in ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff gebracht. Sie *alle wirkten*, wiewohl nicht so kräftig, wie im Fall sie positiv gemacht worden wären. Jede derselben verdichtete innerhalb 25 Minuten etwa $\frac{5}{4}$ Kubikzoll des Gasgemenges. Bei jeder Wiederholung des Versuchs wurde dasselbe Resultat erhalten; und wenn die Platten, vor der Einführung in das Gas (582), zehn bis zwölf Minuten in destillirtem Wasser gelegen hatten, ward die Wirkung um sehr vieles beschleunigt.

589) Wenn aber in der Säure eine metallische oder andere Substanz befindlich war, welche sich auf die negative Platte niederschlagen konnte, so verlor diese Platte ihre

Wirkung auf das Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff.

590) Diese Versuche führten zu der Vermuthung, dafs die die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff bewirkende Kraft, welche einem Stücke Platin dadurch, dafs man es zum positiven Pol einer voltaschen Säule macht, eingeprägt werden kann, nicht wesentlich von der Wirkung der Säule abhänge, sondern von irgend einer Structur oder Anordnung der Theilchen, die es während der Verknüpfung mit der Säule erlange, die aber dem Platin *zu allen Zeiten* angehöre, und sich *immer wirksam* zeige, sobald nur dessen Oberfläche *vollkommen rein* sey. Und wiewohl sich denken liefs, dafs das Platin, wenn es in Säuren den *positiven* Pol der Säule bildet, sich unter den für die Reinigung seiner Oberfläche wirksamsten Umständen befinde, so schien es doch nicht unmöglich, dafs gewöhnliche Operationen dasselbe Resultat, wenn auch in minder ausgezeichnetem Grade hervorbringen würden.

591) Demgemäfs wurde eine Platinplatte (569) durch Reiben mit einem Kork, etwas Wasser und etwas Kohlenfeuer-Asche auf einer Glastafel gereinigt, gut gewaschen und darauf in ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff gebracht. Es fand sich, dafs sie anfangs langsam und darauf rascher wirkte. In einer Stunde waren anderthalb Kubikzoll Gas verschwunden.

592) Andere Platten wurden mit gewöhnlichem Sandpapier und Wasser gereinigt, andere mit Kreide und Wasser, andere mit Schmirgel und Wasser, andere mit Manganhyperoxyd und Wasser, und noch andere mit einem Stück Holzkohle und Wasser. Alle diese Platten bewirkten in Röhren mit einem Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff die Vereinigung dieser Gase. Die Wirkung war keineswegs so kräftig als bei Platten, die mit der Batterie in Verbindung gewesen waren; allein es verschwanden doch in Zeiträumen, die von 25 bis 80 oder 90 Minuten gingen, ein bis zwei Kbkz. von den Gasen.

593) Platten, die mit einem Kork, mit Schmirgel und verdünnter Schwefelsäure gereinigt worden, zeigten sich noch besser wirkend. Um die Bedingungen zu vereinfachen wurde der Kalk durch ein Stück Platinfolie ersetzt; und auch jetzt fand eine Wirkung statt. Darauf wurde die Säure fortgelassen und eine *Kalilösung* angewandt; allein Wirkung trat wie früher ein.

594) Diese Resultate sind mehr als hinreichend, zu zeigen, dafs eine blofse mechanische Reinigung des Platins auf seiner Oberfläche genügt, dasselbe in den Stand zu setzen, seine Kraft zur Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff in gewöhnlicher Temperatur auszuüben.

595) Ich versuchte nun, ob Wärme dem Platin diese Eigenschaft einprägen würde (584). Platten, welche auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff keine Wirkung hatten, wurden durch die mit dem Löthrohr angetriebene Flamme einer frisch gespeisten Weingeistlampe erhitzt, und, nach dem Erkalten, in Röhren mit dem Knallgas gebracht. Sie wirkten anfangs langsam, verdichteten aber nach zwei bis drei Stunden fast das ganze Gasgemeng.

596) Eine etwa 1 Zoll breite und 2¼ Zoll lange Platinplatte, die zu keinem der vorhergehenden Versuche gebraucht worden war, wurde ein wenig gekrümmt, so dafs sie in eine mit Wasserstoff und Sauerstoff gefüllte Röhre eintreten konnte, in welcher sie nun 13 Stunden lang gelassen wurde. Es hatte nicht die geringste Wirkung oder Gasverdichtung stattgefunden. Sie wurde nun auf der pneumatischen Wanne durch das Wasser aus dem Gasgemeng gezogen, mittelst Löthrohr und Weingeistlampe roth geglüht, und darauf, nach dem Erkalten, wieder in *dasselbe* Gasgemeng gebracht. Im Laufe weniger Minuten konnte eine Abnahme der Gase bemerkt werden, und nach 45 Minuten waren ungefähr 1¼ Kubikzoll verschwunden. Auch bei vielen anderen Versuchen erlangten Platinplatten, durch vorherige Erhitzung, das Vermögen, Sauerstoff und Wasserstoff zu vereinigen.

597) Nicht selten geschah es, dafs Platten, die erhitzt worden waren, diefs Vermögen nicht zeigten, wiewohl sie zwei Stunden lang ungestört in dem Gasgemeng gelassen wurden. Zuweilen ereignete es sich auch, dafs eine Platte, die, nachdem sie zum dunkeln Rothglühen erhitzt worden, schwach wirkte, ihre Wirksamkeit verlor, wenn man sie der Weifsglühhitze aussetzte; und zu andern Zeiten wurde die Platte, die, wenn sie schwach erhitzt gewesen, nicht wirkte, durch ein kräftigeres Glühen wirksamer gemacht.

598) Wiewohl also die Wärme in ihrer Wirkung unsicher ist, und sie oft die von den Platten am positiven Pol der Säule (584) erlangte Kraft vermindert, so ist doch einleuchtend, dafs sie Platin wirksam machen kann, welches zuvor unwirksam war (595). Die Ursache dieses bisweiligen Fehlschlagens scheint davon herzurühren, dafs die Oberfläche des Metalls mit etwas Fremdartigem, das zuvor an ihr haftete und durch die Wirkung der Hitze sich noch inniger an sie legte, verunreinigt war, oder aus der Lampenflamme oder selbst der Luft dergleichen Dinge aufnahm. Oft geschieht es, dafs eine polirte Platinplatte bei Erhitzung mit der Weingeistlampe und dem Löthrohr, matt und dunkel wird durch Etwas entweder Gebildetes oder daselbst Abgesetztes. Und diefs, und viel weniger als diefs, ist hinreichend, das Platin abzuhalten, die hier in Betracht gezogene sonderbare Fähigkeit zu zeigen (634. 636). Platin soll sich auch mit Kohle verbinden können; es ist daher nicht unwahrscheinlich, dafs wenn beim Erhitzen Kohle oder kohlenhaltige Stoffe zugegen sind, ein Häutchen von solcher Verbindung gebildet werde, und dadurch das Auftreten der dem *reinen* Platin angehörigen Eigenschaft verhindere.

599) Jetzt wurde näher untersucht, in wiefern Alkalien und Säuren dem Platin diese Eigenschaft verleihen. Platinplatten (569), die auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff keine Wirkung hatten, wurden mit einer Lösung von Aetzkali gekocht und darauf in die Gase gebracht; sie zeigten sich bisweilen recht wirksam, bisweilen aber nicht. In den letzteren Fällen, schloſs ich, war die Unreinigkeit von der Art, daſs sie nicht durch bloſse Lösekraft des Alkalis entfernt wurde; denn wenn ich dieselben Platten mit etwas Schmirgel und der nämlichen Alkalilösung abscheuerte (592) wurden sie wirksam.

600) Die Wirkung der Säuren war weit beständiger und befriedigender. Eine Platinplatte ward in verdünnter Salpetersäure gekocht; darauf gewaschen und in ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff gebracht, wirkte sie gut. Andere Platten, die von einer halben bis vier Minuten mit starker Salpetersäure gekocht, und darauf mit destillirtem Wasser abgewaschen worden, zeigten sich recht wirksam, denn innerhalb 8 bis 9 Minuten verdichteten sie anderthalb Kubikzoll Gas, wobei die Röhre sich erwärmte (570).

601) Starke Schwefelsäure machte das Platin in hohem Grade wirksam. Eine Platte (569), die eine Minute lang darin erhitzt und darauf abgewaschen worden, wirkte auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff so stark, als wenn sie mit dem positiven Pol einer voltaschen Säule verbunden gewesen war (570).

602) Platten, welche nach Erhitzung oder Elektrisirung oder nach anderweitiger Behandlung sich noch unwirksam zeigten, erlangten die Kraft sogleich, wenn sie auf eine oder zwei Minuten, oder selbst nur auf einen Augenblick in heiſses Vitriolöl und darauf in Wasser getaucht wurden.

603) Wenn die in Vitriolöl eingetauchte Platte herausgenommen und dann so erhitzt wurde, daſs die Säure sich verflüchtigte, so wirkte sie nicht, wegen der Un-

reinheit, welche die Säure auf der Oberfläche der Platte zurückliefs.

604) Pflanzensäuren, wie Essig- und Weinsäure, machten das Platin zuweilen wirksam, zuweilen nicht. Diefs hing, wie ich glaube, von den die Platten zuvor beschmutzenden Stoffen ab, die sich leicht als von solcher Natur voraussetzen lassen, dafs sie zuweilen von diesen Säuren fortgenommen wurden, zuweilen aber nicht. Schwache Schwefelsäure zeigte dieselbe Verschiedenheit; allein starke Schwefelsäure (601) versagte nie ihre Wirkung.

605) Die vortheilhafteste Behandlung des Platins, aufser dessen Gebrauch zum positiven Pol in starker Säure, war folgende. Die Platte wurde über die Flamme einer Weingeistlampe gehalten, und, wenn sie heifs geworden, mit einem Stück Aetzkali gerieben; der Ueberzug, welchen das schmelzende Kali auf dem Platin bildete, wurde ein bis zwei Minuten lang in Flufs erhalten [1]), und das Platin dann zur Fortschaffung des Aetzkalis vier bis fünf Minuten lang in Wasser gehalten, abgeschwenkt und etwa eine Minute lang in heifses Vitriolöl getaucht; aus diesem wurde es in destillirtes Wasser gebracht, und zur Entfernung der letzten Spuren von Säure (582), zehn bis funfzehn Minuten lang darin gelassen. Wenn es dann in ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff gebracht wurde, begann die Vereinigung sogleich und schritt rasch fort; die Röhre wurde warm, das Platin rothglühend und der Gasrückstand entzündete sich. Diese Wirkung konnte nach Belieben wiederholt, und so das Maximum der Erscheinung ohne Hülfe einer voltaschen Batterie hervorgebracht werden.

606) Auch wenn bei dieser Zubereitungsweise Essig- oder Weinsäure statt der Schwefelsäure genommen wurde,

1) Die Hitze braucht nicht so weit gesteigert zu werden, dafs das Alkali das Platin angreift, wiewohl, wenn diefs geschehen, die fernere Wirkung dadurch nicht verhindert wird.

erlangte das Platin die nämliche Kraft, und erzeugte, so zubereitet, oft eine Verpuffung des Gasgemenges. Allein starke Schwefelsäure wirkte sicherer und kräftiger.

607) Wird Borax oder ein Gemeng von kohlensaurem Kali und Natron auf einer Platinplatte geschmolzen und diese dann wohl in Wasser abgewaschen, so findet man, dafs sie die Kraft der Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff erlangt hat, aber in einem mäfsigen Grade. Taucht man sie aber nach jenem Schmelzen und Abwaschen in heifse Schwefelsäure (601), so wird sie sehr wirksam.

608) Es wurden nun auch andere Metalle als Platin untersucht. Gold und Palladium zeigten die Kraft, wenn sie entweder als positiver Pol an der voltaschen Säule gedient hatten oder mit heifsem Vitriolöl behandelt worden waren (601). Beim Palladium mufs man aber die Wirkung der Säule oder der Säure mäfsigen, da dieses Metall bald angegriffen wird. Silber und Kupfer konnten nicht dahin gebracht werden, in gewöhnlichen Temperaturen irgend eine Wirkung zu zeigen.

609) Es kann kein Zweifel darüber obwalten, dafs das Vermögen, Gase zu verbinden, welches sich Platin und anderen Metallen einprägen läfst, wenn man sie mit den Polen der Batterie verbindet oder durch mechanische oder chemische Verfahrungsweisen reinigt, dasselbe sey, welches Döbereiner[1]) im Jahre 1823 in so ausgezeichnetem Grade beim Platinschwamm entdeckte, und späterhin in demselben Jahre die Herren Dulong und Thénard[2]) so gut untersuchten und erläuterten. Die letzten Physiker erzählen sogar Versuche, bei welchen ein feiner Platindraht, der, aufgerollt, mit Salpeter-, Schwe-

1) *Annal. de chim. et de phys. T. XXIV p.* 93. (Gilb. Annal. Bd. LXXIV S. 269 und Bd. LXXVI S. 102.)

2) Ebendaselbst, *T. XXIII p.* 440, *T. XXIV p.* 380. (Gilb. Annal. Bd. LXXVI S. 83 und 89.)

fel- oder Salzsäure digerirt worden, glühend wurde, wenn er in einen Strom von Wasserstoffgas gebracht ward [1]. Diese Wirkung kann ich nun durch die beschriebenen Verfahrungsweisen (570. 601. 605) nach Belieben mit Drähten oder Platten hervorbringen. Nimmt man eine kleine Platte, die so geschnitten ist (Fig. 4 Taf. III), dafs sie das Glas in wenigen Punkten berührt und das gebildete Wasser sogleich abfliefsen läfst, so ist der Verlust an Wärme so gering, die Platte einigermafsen dem schwammigen Platin ähnlich, und die Wahrscheinlichkeit eines Mifslingens ganz entfernt.

610) Döbereiner bezieht die Erscheinung ganz auf eine elektrische Thätigkeit. Er meint, das Platin bilde mit dem Wasserstoff eine gewöhnliche voltasche Kette, worin der Wasserstoff als höchst positiv die Stelle des Zinks vertrete, und, wie dieses, Sauerstoff anziehe und sich mit ihm verbinde [2].

611) In ihren beiden vortrefflichen Aufsätzen zeigten die HH. Dulong und Thénard, dafs Temperaturerhöhung die Wirkung begünstige, deren Beschaffenheit aber nicht ändere, indem Humphry Davy's glühender Platindraht dasselbe Phänomen sey, wie Döbereiner's Platinschwamm. Sie zeigten ferner, dafs *alle* Metalle diefs Vermögen im stärkeren oder schwächeren Grade besitzen, dafs dasselbe sogar Körpern, wie Kohle, Bimstein, Porcellan, Glas, Bergkrystall u. s. w. eigen sey, wenn deren Temperatur erhöht werde; und dafs eine andere von Davy beobachtete Erscheinung, wo Sauerstoff und Wasserstoff sich bei einer Hitze unterhalb des Glühens langsam mit einander verbanden, wirklich dadurch bewirkt sey, dafs das erhitzte Glas diese Eigenschaft mit den oben genannten Körpern theile. Sie geben an, dafs

1) *Annal. de chim. et de phys. T. XXIV p.* 383.

2) *Annal. de chim. et de phys. T. XXIV p.* 94. 95. — Auch *Bibliothèque universelle. T. XXIV p.* 54.

Flüssigkeiten diese Wirkung nicht zeigen, wenigstens Quecksilber nicht bei oder nahe unter seinem Siedpunkt; dafs diefs Vermögen nicht von der Porosität herrühre; dafs es bei einem und demselben Körper sehr mit dessen Zustand variire; dafs es, in erhöhter Temperatur, sich aufser dem Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff auch auf manches andere Gasgemeng erstrecke. Sie halten es für wahrscheinlich, das Platin erlange sein Vermögen durch die Berührung mit der während seiner Reduction entwikkelten Säure oder durch die Hitze selbst, welcher es dabei ausgesetzt ist.

612) Die HH. Dulong und Thénard äufsern sich mit grofser Vorsicht über die Theorie dieser Wirkung, beziehen sie aber auf die zersetzende Kraft, welche Metalle auf Ammoniak in Temperaturen ausüben, in denen dieses für sich allein nicht zersetzt werden würde. Sie bemerken, dafs diejenigen Metalle, welche in dieser Hinsicht am wirksamsten sind, die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff am wenigsten herbeiführen, während Platin, Gold u. s. w., welche die schwächste Kraft zur Zersetzung des Ammoniaks besitzen, die stärkste zur Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff haben. Daraus sind sie zu glauben geneigt, dafs es einige Gase gebe, welche sich unter dem Einflusse von Metallen zu verbinden, andere dagegen, welche sich zu trennen streben, und dafs diese Eigenschaft nach entgegengesetzten Richtungen hin mit den verschiedenen Metallen veränderlich sey. Am Schlusse ihres zweiten Aufsatzes bemerken sie überdiefs, dafs die Wirkung dieser Art sich mit keiner bekannten Theorie verknüpfen lasse; und wiewohl merkwürdigerweise diese Wirkungen, wie die meisten elektrischen Actionen, vorübergehend sind, sagen sie doch, dafs die Mehrzahl der von ihnen beobachteten Erschei-

1) *Annales de chim. et de phys. T. XXIII p.* 440 und *T. XXIV p.* 380.

nungen durch die Annahme, sie seyen rein elektrischen Ursprungs, unerklärlich bleiben.

613) Auch **Fusinieri** hat über diesen Gegenstand geschrieben, und eine Theorie aufgestellt, die, seines Dafürhaltens, die Erscheinungen genügend erklärt [1]). Er bezeichnet die unmittelbare Ursache folgendermaßen: »Das Platin bewirkt auf seiner Oberfläche eine unausgesetzte Erneuerung von *concreten Lamellen* der brennbaren Substanz der Gase oder Dämpfe, welche, indem sie über dieselbe hinwegfließen, verbrannt werden, fortgehen und erneuet werden.« Von der so zu unwahrnehmbaren Lamellen reducirten verbrennlichen Substanz, deren concrete Theile mit Sauerstoff in Berührung stehen, wird vorausgesetzt, sie befinde sich in einem Zustand, in welchem sie bei niedrigeren Temperaturen als in dem gasförmigen Zustand mit dem Sauerstoff verbindbar sey, und der etwas Analogie habe mit dem *Entstehungszustand*. Daſs brennbare Gase ihren luftförmigen Zustand verlieren, starr werden und dabei die Form von auſserordentlich dünnen Schichten annehmen, wird als durch Thatsachen bewiesen angesehen, von denen einige im *Giornale di fisica* für 1824 (*p.* 138, 371) aufgeführt werden. Und wiewohl diese Theorie verlangt, daſs sie diesen Zustand bei hohen Temperaturen annehmen müssen, durch Wirkung der Hitze aber *ähnliche* Schichten von wäſsrigen und anderen Substanzen verflüchtigt werden, so werden dennoch, allen vernünftigen Schlüssen zuwider, die Thatsachen als Rechtfertiger jener Theorie angesehen.

614) Die Kraft, welche ein brennbares Gas veranlaſst, in Berührung mit einem festen Körper seinen luftförmigen Zustand aufzugeben und denselben in Gestalt einer dünnen starren Schicht zu überziehen, wird weder für Attraction noch für Affinität gehalten. Sie soll auch fähig seyn, Liquida und Solida in concreten Lamellen

1) *Giornale di fisica etc.* 1825, *T. VIII p.* 259.

auf der Oberfläche des wirkenden festen Körpers auszubreiten, und in einer *Abstofsung* bestehen, welche von den Theilchen des festen Körpers vermöge der blofsen Zertheilung (*Attenuation*) ausgeübt wird, soll am stärksten seyn, wenn diese Zertheilung am vollkommensten ist. Die Kraft soll eine progressive Entwicklung haben, und am kräftigsten oder zuerst in der Richtung wirken, in welcher die Dimensionen der zertheilten Masse aufhören; und dann in Richtung der Winkel oder Ecken, welche etwa aus irgend einem Grunde an der Oberfläche vorhanden sind. Diese Kraft soll nicht nur eine spontane Diffusion von Gasen und anderen Körpern über die Oberfläche hin bewirken, sondern auch von sehr elementarer Natur und im Stande seyn, alle Erscheinungen der Capillarität, Affinität, Aggregationsanziehung, Rarefaction, des Siedens, Verflüchtigens, Zerspringens (*Explosion*) und anderer thermometrischen Effecte, so wie auch die der Entzündung (*Inflammation*), Verpuffung (*Detonation*). Sie wird für eine Form der Wärme erklärt, daher mit dem Namen: *natürliches Caloricum* belegt, und überdiefs als das Princip der beiden Elektricitäten und der beiden Magnetismen angesehen.

615) Ich habe mich etwas ängstlich bemüht, einen genauen Abrifs von Fusinieri's Ansicht zu geben, sowohl weil ich mir von der Kraft, auf welche darin die Phänomene bezogen werden, keinen deutlichen Begriff machen kann, als auch weil ich die Sprache, in welcher die Abhandlung geschrieben ist, nur unvollkommen verstehe. Ich mufs daher diejenigen, welche den Gegenstand näher kennen lernen wollen, auf die Abhandlung selbst verweisen.

616) Da indefs, meiner Einsicht nach, das Problem noch nicht gelöst worden ist, so wage ich eine Ansicht aufzustellen, die ich für hinreichend halte, die Erscheinungen nach bekannten Grundsätzen zu erklären.

617) Zuvor sey bemerkt, dafs diese Wirkung des

Platins nicht von einem besonderen vorübergehenden Zustand elektrischer oder anderer Natur herrühren kann; die Wirksamkeit der Platten, welche durch die voltasche Batterie entweder positiv oder negativ gemacht, durch Substanzen, wie Säuren, Alkalien, Wasser, Kohle, Schmirgel, Asche oder Glas, gereinigt, oder bloſs erhitzt worden waren, reicht hin eine solche Meinung zu widerlegen. Eben so wenig hängt sie ab von der Schwammigkeit und Porosität, oder von der Dichtheit und Politur, oder von dem Massiven oder der Dünnheit des Metalls, da es sich in allen diesen Zuständen sowohl wirksam als auch wieder unwirksam machen läſst. Die einzige wesentliche Bedingung scheint die *einer vollkommen sauberen und metallischen Oberfläche* zu seyn, denn, wenn das Platin solche besitzt, wirkt es allemal, welch eine Form oder Beschaffenheit es auch in anderer Hinsicht haben mag. Veränderungen in den letzteren haben zwar Einfluſs auf die Schnelligkeit der Wirkung, und deshalb auch auf die sichtbaren und secundären Effecte, wie z. B. auf das Glühen des Metalls und das Entzünden der Gase, können aber für sich allein, selbst unter den günstigsten Umständen, keine Wirkung hervorbringen, wenn nicht auch die Bedingung einer völlig reinen metallischen Oberfläche erfüllt ist.

618) Die Wirkung wird offenbar von den meisten, wenn nicht allen, festen Körpern hervorgebracht, von einigen unter ihnen vielleicht nur schwach, vom Platin aber in sehr hohem Grade. Dulong und Thénard haben unsere Kenntniſs von dieser Eigenschaft sehr erweitert, indem sie dieselbe an allen Metallen, an Erden, Glas, Steinen u. s. w. nachwiesen (611); und es ist dadurch jede Idee, als sey sie eine bekannte elektrische Action, entfernt worden.

619) Alle mit diesem Gegenstande zusammenhängenden Erscheinungen haben mich zu der Ueberzeugung geführt, daſs sie (*the effects*) zufällig (*incidental*) und von

secundärer Natur sind, dafs sie abhängen von den *natürlichen Beschaffenheiten* der Gas-Elasticität (*natural conditions of gaseous elasticity*) verbunden mit der Aeufserung einer, manchen Körpern im hohen Grade eignen, und wahrscheinlich ihnen allen angehörigen Anziehungskraft, durch welche sie zu einer mehr oder weniger innigen Annäherung (*association*) gebracht werden, ohne zugleich eine chemische Verbindung einzugehen, wiewohl sie oft den Zustand der Adhäsion annehmen; und welche, wenn ihr gleichzeitig mehre Körper unterworfen werden, unter günstigen Umständen, wie im gegenwärtigen Fall, die Verbindung dieser Körper herbeiführen kann. Ich selbst bin bereit (und wahrscheinlich viele Andere mit mir) sowohl in Bezug auf die Aggregationsanziehung als auf die chemische Verwandtschaft anzunehmen, dafs die Wirkungssphäre der Theilchen sich über die mit ihnen in unmittelbarer und augenscheinlicher Berührung stehenden hinaus erstrecke und in manchen Fällen Effecte bewirke, die sich zu bedeutender Wichtigkeit erheben können. Ich glaube, dafs diese Art von Anziehung eine bedingende Ursache ist zu Döbereiner's und vielen anderen Erscheinungen ähnlicher Art.

620) Körper, welche sich durch Flüssigkeiten, mit denen sie sich nicht chemisch verbinden oder in welchen sie sich nicht lösen, benässen lassen, liefern einfache und wohlbekannte Beispiele dieser Art von Anziehung.

621) Alle die Körper, welche, obgleich unlöslich in Wasser und nicht verbindbar mit ihm, hygrometrisch sind und Dämpfe auf ihrer Oberfläche verdichten, bieten strengere Beispiele von derselben Kraft dar und nähern sich ein wenig mehr den vorhin untersuchten Fällen. Wenn Pulver von Thon, Eisenoxydul, Eisenoxyd, Manganoxyd, Kohle oder selbst Metallen, wie z. B. Platinschwamm oder gefälltes Silber, in eine Wasserdampf enthaltende Atmosphäre gebracht wird, so wird es bald feucht, vermöge einer Anziehung, welche fähig ist, Dampf

auf ihm zu verdichten, wiewohl nicht chemisch mit ihm zu verbinden; und wenn die so befeuchteten Körper in eine trockne Atmosphäre, z. B. in eine über Schwefelsäure abgesperrte, gebracht, oder erhitzt werden, so geben sie, wie bekannt, dieses Wasser fast ganz wieder von sich, falls sie nicht in directe und permanente Verbindung mit ihm eingetreten sind [1]).

622) Noch bessere Beispiele von der erwähnten Kraft, weil sie den zu erklärenden Fällen ähnlicher sind, liefert die, den Baro- und Thermometermachern so wohl bekannte Anziehung zwischen Glas und Luft, denn hier wird die Adhäsion oder Attraction zwischen Gasen und einem starren Körper ausgeübt, zwischen Körpern von sehr verschiedener physikalischer Beschaffenheit, die nicht mit einander zu verbinden sind, und die beide während der Dauer der Einwirkung ihren physikalischen Zustand ungeändert behalten [2]). Wenn Quecksilber in eine Barometerröhre gegossen wird, so bleibt zwischen ihm und dem Glase immer eine Luftschicht zurück, und diefs Monate lang, ja, so weit bekannt, Jahre lang, da man sie niemals anders ausgetrieben hat als durch besonders dazu geeignete Mittel. Diese Mittel bestehen darin, dafs man das Quecksilber kocht, oder, anders gesagt, viel Dampf daraus entwickelt, welcher, indem er mit allen Theilen der Oberfläche des Glases und des Quecksilbers in Berührung kommt, sich mit der von diesen Flächen angezogenen und ihnen anhaftenden Luft vermengt, sie ver-

1) Ein merkwürdiger Fall einer hygrometrischen, vielleicht von einer sehr schwachen Lösekraft unterstützten Action ist mir in Edinburgh vorgekommen. Torf, welcher durch langes Liegen an der Luft an einem bedeckten Ort getrocknet worden, wurde der Wirkung einer hydrostatischen Presse ausgesetzt, und lieferte *blofs vermöge des Drucks* 54 Procent Wasser.

2) Fusinieri und Bellani meinen, die Luft bilde in diesen Fällen starre Schichten. — *Giornale di fisica*, 1825, *T. VIII p.* 262.

dünnt, fortführt, und ihre Stelle einnimmt, zwar einer eben so großen und vielleicht noch größeren Anziehung als diese unterworfen ist, allein beim Erkalten sich zu derselben Flüssigkeit verdichtet, welche die Röhre füllt.

623) Fremdartige Körper, welche bei Krystallisirungen oder Fällungen als Kerne (*nuclei*) dienen, Niederschläge auf sich veranlassen, wenn sonst in der Flüssigkeit keine dergleichen entstehen, scheinen ihre Wirkungen durch eine Kraft ähnlicher Art hervorzubringen, d. h. durch eine Anziehungskraft, welche sich auf die benachbarten Theilchen erstreckt, und sie veranlaſst sich dem Kerne anzuschlieſsen, wiewohl sie nicht so kräftig ist, dieselben mit dessen Substanz chemisch zu verbinden.

624) Aus vielen Fällen des Verhaltens solcher Kerne in Lösungen und aus den Wirkungen fester Körper, welche in eine mit Dämpfen von Wasser, Kampher oder Jod u. s. w. beladene Atmosphäre gebracht worden sind, scheint es, wie wenn diese Anziehung zum Theil auswählend sey, und in ihren Merkmalen sowohl mit der Aggregationsanziehung als mit der chemischen Verwandtschaft Aehnlichkeit habe [1]). Es ist nicht unverträglich, vielmehr übereinstimmend mit der aufgestellten Idee, die Kraft der Theilchen wirke nicht auf andere, mit denen sie sich unmittelbar und innig verbinden können, sondern auf solche, die entweder weiter von ihnen abstehen oder die wegen vorhergegangener Umstände, physikalischer Beschaffenheit oder schwacher Relation unfähig sind, mit ihnen in eine entschiedene Verbindung einzugehen.

625) Dann wird sich unter allen Körpern nur von den Gasen erwarten lassen, daſs sie, *gemeinschaftlich* der Anziehung des Platins oder eines anderen thätigen starren Körpers ausgesetzt, eine *gegenseitige* Einwirkung zeigen werden. Flüssigkeiten, wie Wasser, Alkohol u. s. w. sind zu dicht und verhältniſsmäſsig zu incompressibel als daſs sich erwarten lieſse, ihre Theilchen würden durch die Anziehung des Körpers, dem sie anhaften, näher

1) Annalen Bd. IX S. 8. *P.*

an einander gebracht; und doch muſs diese Anziehung (ihren Wirkungen gemäſs) ihre Theilchen so nahe an die des benäſsten Körpers bringen als sie an einander liegen, und in vielen Fällen ist offenbar die erstere Anziehung die stärkere. Allein Gase und Dämpfe sind fähig, durch äuſsere Kräfte groſse Veränderungen in den relativen Abständen ihrer Theilchen zu erleiden, und wenn sie mit Platin in unmittelbarer Berührung stehen, mag die Annäherung ihrer Theilchen an die des Metalls sehr groſs seyn. Bei den hygrometrischen Körpern, deren (621) gedacht wurde, ist sie hinreichend den Dampf zum flüssigen Zustand zu verdichten, häufig aus so lockeren Atmosphären, daſs man ihn, ohne diesen Einfluſs, durch eine mechanische Kraft auf mindesten $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{10}$ seines ursprünglichen Volums zusammendrücken müſste, um ihn in den flüssigen Zustand überzuführen.

626) Eine andere sehr wichtige, und, so viel ich weiſs, bisher noch nicht gemachte Betrachtung bei dieser Wirkung der Körper veranlaſst die Beschaffenheit der Elasticität, unter welcher die Gase gegen die wirkende Fläche stehen. Wir besitzen nur sehr unvollkommene Kenntnisse von der wirklichen und inneren Beschaffenheit eines Körpers, der im starren, flüssigen und gasigen Zustand existirt. Indeſs, mögen wir auch, bei Herleitung des Gaszustandes von der gegenseitigen Abstoſsung der Theilchen oder deren Atmosphären, in Irrthum verfallen, wenn wir uns jedes Theilchen als den kleinen Kern einer Atmosphäre von Wärme oder Elektricität vorstellen, so irren wir uns doch vermuthlich nicht, wenn wir die Elasticität als abhängig von *Gegenseitigkeit* der Wirkung betrachten. Diese Gegenseitigkeit fehlt aber ganz an der Seite wo die Gastheilchen an das Platin gränzen, und wir dürfen daher a priori hier einen Verlust von mindestens der halben Elasticitätskraft erwarten; denn wenn, wie Dalton gezeigt hat, die Elasticitätskraft der Theilchen eines Gases nicht auf die der Theilchen eines anderen wirken kann, beide Gase

sich als Vacua zu einander verhalten, so ist es noch weit weniger wahrscheinlich, dafs die Theilchen des Platins einen solchen Einflufs auf die Gastheilchen, als diese auf einander ausüben.

627) Allein die Verringerung der Elasticitätskraft auf die Hälfte, an der einen Seite des gasigen Körpers, nach dem Metalle hin, ist nur ein geringes Resultat von dem, welches sich, wie mir scheint, als eine nothwendige Folge aus der Constitution der Gase ergiebt. Eine Atmosphäre von Einem Gase oder Dampfe, wie dicht oder zusammengedrückt sie auch sey, verhält sich in der That wie ein Vacuum zu der eines anderen. Wenn demnach ein wenig Wasser in ein Gefäfs gebracht wird, welches ein trocknes Gas, wie Luft, unter dem Druck von hundert Atmosphären enthält, so *steigt* eben so viel Dampf aus dem Wasser *auf*, wie wenn das Gefäfs vollkommen luftleer wäre. Hier scheinen die Theilchen des Wasserdampfs keine Schwierigkeit zu finden, sich den Lufttheilchen bis zu jedem Abstande zu nähern, indem sie blofs von der unter ihnen selbst stattfindenden Abstofsung ergriffen werden. Und wenn dem so ist mit einem Körper (Luft), welcher gleiche Elasticitätskraft hat wie sie (die Dampftheilchen), um wie viel mehr mufs es der Fall seyn mit Theilchen, wie die des Platins oder eines andern begränzten Körpers, welche nicht nur keine Elasticitätskraft besitzen, sondern auch von ganz anderer Natur sind. Hieraus scheint zu folgen, dafs die Theilchen des Wasserstoffs oder irgend eines andern Gases oder Dampfs, welche sich zunächst dem Platin u. s. w. befinden, mit diesem in solcher Berührung stehen, wie wenn sie im flüssigen Zustand wären, also an diesem unendlich dichter liegen als an einander, selbst wenn man annähme das Platin übte keine Anziehung auf sie aus.

628) Eine dritte und sehr wichtige Betrachtung zu Gunsten der gegenseitigen Einwirkung der Gase unter diesen Umständen ergiebt sich aus ihrer vollkommenen Misch-

barkeit. Sobald flüssige Körper, welche verbindbar sind, auch Mischbarkeit besitzen, *verbinden sie sich*, wenn sie vermischt werden und keine anderen bedingende Umstände fehlen; wenn aber zwei solche Gase, wie Sauerstoff und Wasserstoff zusammengebracht werden, so verbinden sie sich nicht, wiewohl sie eine so mächtige Verwandtschaft zu einander haben, dafs sie sich unter tausenderlei Umständen verbinden. Indefs ist es aus ihrer vollkommenen Vermischung klar, dafs sich die Theilchen in dem günstigsten Zustande für eine Verbindung befinden, wenn noch eine bedingende Ursache hinzukommt, wie entweder die negative, die Elasticität der Gastheilchen an der einen Seite fortnehmende oder vernichtende Wirkung des Platins, oder die positive Wirkung des Metalls zur Verdichtung des Gases an seiner Oberfläche durch eine Anziehungskraft, oder beide Wirkungen zusammen.

629) Wiewohl nicht viele deutliche Fälle einer Verbindung unter dem Einflufs äufserer Kräfte auf die verbindbaren Theilchen vorhanden sind; so sind sie doch hinreichend, jede aus diesem Grunde entspringende Schwierigkeit zu heben. James Hall fand, dafs Kohlensäure und Kalk unter Druck bei Temperaturen verbunden bleiben, bei welchen sie es nicht geblieben wären, wenn man den Druck entfernt hätte; und einen Fall von directer Verbindung habe ich selbst Gelegenheit gehabt am Chlor zu beobachten, indem dieses, bei gewöhnlicher Temperatur zusammengedrückt, sich mit Wasser verbindet und ein bestimmtes krystallisirtes Hydrat bildet, welches bei Entfernung dieses Drucks weder entstehen noch bestehen kann.

630) Der Vorgang bei Einwirkung des Platins auf Sauerstoff und Wasserstoff läfst sich nun, diesen Grundsätzen gemäfs, folgendermafsen angeben. Durch den Einflufs der erwähnten Umstände (619 u. ff.), d. h. durch

1) *Philosoph. Transakt. f.* 1823, *p.* 161.

den Mangel der Elasticitätskraft und die Anziehung des Metalls, werden die Gase so weit verdichtet, dafs sie in den Bereich ihrer gegenseitigen Verwandtschaft für die vorhandene Temperatur gelangen; durch den Mangel an Elasticitätskraft werden sie nicht nur der Anziehung abseiten des Metalles unterwürfiger, sondern auch in einen für die Vereinigung günstigeren Zustand gebracht, indem ein Theil der Kraft (von welcher ihre Elasticität abhängt) fortgeschaft ist, welche mitten in der Masse der Gase sich der Verbindung derselben widersetzt. Die Folge ihrer Verbindung ist Erzeugung von Wasserdampf und Erhöhung der Temperatur. Allein, da die Anziehung des Platins zu dem gebildeten Wasser nicht gröfser ist, wenn ja so grofs, als zu den Gasen (denn das Platin ist schwerlich hygroskopisch), so wird der Dampf schnell durch das rückständige Gasgemeng verbreitet. Es kommen daher neue Portionen von diesem zur Juxtaposition mit dem Metall, verbinden sich zu Wasser, und lassen, indem der gebildete Dampf sich wieder zerstreut, neue Portionen der Gase zur Einwirkung herantreten. Auf diese Weise schreitet der Procefs vorwärts; allein er wird beschleunigt durch die erregte Wärme, welche, wie durch Versuche bekannt ist, im Verhältnifs ihrer Stärke die Vereinigung erleichtert, und so wird die Temperatur erhöht bis zuletzt Glühen erfolgt.

631) Die Zerstreuung des an der Platinfläche gebildeten Wasserdampfs und das Heranrücken neuer Portionen Sauerstoff und Wasserstoff an das Metall bilden keine Schwierigkeit in dieser Erklärung. Denn nach dieser verbindet sich das Platin nicht mit den Gastheilchen, sondern verdichtet sie nur rings um sich; und die zusammengerückten Theilchen können sich, bei der Ersetzung durch andere, so frei von dem Platin ab bewegen, als eine Portion dichter Luft an der Oberfläche der Erde oder auf dem Boden einer tiefen Grube sich bei dem leisesten Impuls in die höheren und lockeren Theile der Atmosphäre begeben kann.

1834. ANNALEN *No.* 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

632) Es wird wohl kaum nöthig seyn, einen Grund anzugeben, warum das Platin unter den gewöhnlichen Umständen diese Wirkung nicht zeigt. Es ist dann nicht hinlänglich rein (617), und die Gase sind deshalb verhindert es zu berühren, und denjenigen Grad von Einwirkung zu erleiden, welcher zum Beginn ihrer Vereinigung bei gewöhnlichen Temperaturen nöthig ist, und welchen sie nur an der Oberfläche des Platins erfahren können. In der That, dieselbe Kraft, welche die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff veranlaſst, bewirkt auch, daſs sich unter den Umständen, denen das Platin für gewöhnlich ausgesetzt ist, fremdartige Substanzen auf seiner Oberfläche verdichten, sie beschmutzen und ihr so lange der Verbindungskraft auf Sauerstoff und Wasserstoff berauben, indem sie die Berührung derselben mit diesen Gasen verhindern.

633) Sauberes Platin, worunter ich solches verstehe, welches als positiver Pol einer Säule gedient hat (570) oder mit Säure behandelt (605) und darauf zwölf bis funfzehn Minuten lang in destillirtes Wasser gelegt worden ist, zeigt eine eigenthümliche Reibung, wenn man zwei Stücke davon gegen einander reibt. Es wird von reinem Wasser ohne Umstände benetzt, selbst wenn es abgeschwenkt und durch die Hitze einer Weingeistlampe getrocknet worden ist; und wenn man es zum positiven Pol einer voltaschen Säule nimmt, entwickelt es in verdünnter Säure an jedem Punkte seiner Oberfläche kleine Gasblasen. Allein in seinem gewöhnlichen Zustande fehlt dem Platin diese eigenthümliche Reibung; es läſst sich nicht, wie das reine Platin, frei mit Wasser benetzen, und wenn es zum positiven Pol einer voltaschen Säule genommen ist, giebt es eine Zeit lang groſse Blasen, welche an dem Metalle zu kleben oder anzuhaften schei-

nen, und an einzelnen, besonderen Punkten der Oberfläche entwickelt werden. Diefs Verhalten, so wie der Mangel einer Einwirkung auf Sauerstoff und Wasserstoff sind die Folgen und Anzeigen einer verunreinigten Oberfläche.

634) Ich fand auch, dafs Platinplatten, die vollkommen gereinigt worden waren, durch blofses Liegen an der Luft bald beschmutzt wurden, denn nach 24 Stunden wurden sie nicht mehr ungehindert von Wasser benäfst, sondern diefs sammelte sich in Portionen und liefs andere Stellen der Oberfläche entblöfst; während andere Platten, welche diese Zeit hindurch in Wasser gelegen hatten, wenn sie getrocknet worden (580) sich benässen liefsen und die übrigen Anzeigen einer reinen Oberfläche gaben.

635) Es ist diefs nicht blofs der Fall mit Platin und andern Metallen, sondern auch mit erdigen Körpern. Bergkrystall und Obsidian lassen sich nicht vollkommen benässen; wenn sie aber mit starkem Vitriolöl befeuchtet, darauf mit destillirtem Wasser abgewaschen, und in diesem, zur gänzlichen Entfernung der Säure, liegen gelassen werden, so lassen sie sich vollkommen benässen, sie mögen nun vorher getrocknet worden seyn oder nicht. Wenn sie aber getrocknet und dann 24 Stunden lang der Luft ausgesetzt worden, ist ihre Oberfläche so beschmutzt, dafs Wasser sie nicht mehr gleichmäfsig benetzt, sondern sich in gesonderten Portionen ansammelt. Abwischen mit Leinwand (*cloth*), selbst der reinsten, ist noch schädlicher als das Liegen an der Luft; die Metalle sowohl wie die Minerale bekommen sogleich eine gleichsam etwas fettige Oberfläche. Dafs für gewöhnlich kleine Metallstücke (auf Flüssigkeiten) schwimmen, rührt von einer so verunreinigten Oberfläche her. Auch die ungemeine Schwierigkeit, mit der sich die einmal schmutzige oder fettige Oberfläche des Quecksilbers wieder reinigen läfst, hat dieselbe Ursache.

636) Aus denselben Gründen erklärt sich, weshalb die Kraft der Platinplatten unter gewissen Umständen und besonders nach dem Gebrauch so bald verschwindet; die HH. Dulong und Thénard, so wie alle, welche Döbereiner's Feuerzeug gebraucht, haben dasselbe am Platinschwamm beobachtet [1]). Läfst man ihn an der Luft liegen, auf gewöhnlichen Sauerstoff und Wasserstoff wirken, oder taucht man ihn in gewöhnliches destillirtes Wasser, so kann man in allen diesen Fällen diejenige kleine Portion von Unreinigkeit finden, welche, wenn sie einmal mit der Oberfläche in Berührung gekommen, daselbst zurückgehalten wird, und hinreicht, die volle Wirkung des Platinschwamms auf ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur zu verhindern. Eine geringe Erwärmung ist dagegen hinreichend die Wirkung dieser Unreinigkeiten aufzuheben und dem Platinschwamm seine Kraft wieder zu geben.

637) Kein Zustand ist gedenkbar, der für die Hervorbringung dieser Wirkung günstiger wäre, als der, den das aus seinem Ammonio-Muriat durch Hitze reducirte Platin besitzt. Seine Oberfläche ist sehr grofs, rein und für die mit ihm in Berührung gebrachten Gase sehr zugänglich. Bringt man es in Unreinigkeiten, so wird das Innere, wie Thénard und Dulong beobachtet haben, durch das Aeufsere vollkommen rein gehalten. Und in Bezug auf Wärme ist es, wegen seiner Zertheiltheit, ein so schlechter Leiter, dafs fast alle, welche bei der Verbindung der ersten Gasportion entwickelt wird, darinnen bleibt und dadurch bei den folgenden Portionen das Streben zur Verbindung erhöht.

638) Ich habe nun noch einige sehr ungewöhnliche Störungen dieser Erscheinungen zu berichten, welche nicht von der Natur oder dem Zustand des Metalls oder anderer wirkender Körper, sondern von der Gegenwart gewisser Beimengungen der Gase abhängen. Da ich häufig

1) *Annal. de chim. et de phys. T. XXIV p.* 386.

Gelegenheit haben werde von einem Gemeng aus Wasserstoff und Sauerstoff zu reden, so mufs ich bemerken, dafs darunter immer ein Gemeng von einem Volume Sauerstoff und zwei Volumen Wasserstoff, als dem Verhältnifs zur Wasserbildung, zu verstehen ist. Wenn es sich nicht anders angegeben findet, war der Wasserstoff immer mittelst verdünnter Schwefelsäure und reinen Zinks, so wie der Sauerstoff durch Erhitzung aus chlorsaurem Kali dargestellt.

639) Gemenge von Sauerstoff und Wasser mit *Luft*, welche ein Viertel, die Hälfte oder selbst zwei Drittel von letzterer enthalten, wurden mit zubereiteten Platinplatten (570. 605) in Röhren gebracht. Die Wirkung auf sie war fast eben so gut wie wenn keine Luft zugegen war; die Verzögerung war viel geringer als sich nach der blofsen Verdünnung und dem gehemmten Zutritt der Gase erwarten liefs. In drittehalb Stunden war das hineingebrachte Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff fast ganz verschwunden.

640) Wenn aber ähnliche Versuche mit *ölbildendem* Gase angestellt wurden (mit Platinplatten, die in Säure als positive Pole der Säule gedient hatten (570)), so waren die Resultate ganz anders. Zu einem Gemeng von 29,2 Vol. Wasserstoff und 14,6 Sauerstoff (also dem Verhältnifs der Wasserbildung) wurde ein Gemeng von 3 Vol. Sauerstoff und 1 Vol. ölbildenden Gases hinzugesetzt, so dafs das letztere Gas nur $\frac{1}{48}$ des Ganzen ausmachte. Dennoch wollte in diesem Gemeng die Platinplatte in 45 Stunden nicht wirken. Diese Wirkungslosigkeit lag nicht am Platin, denn als dasselbe nun herausgenommen und in ein Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff gebracht wurde, wirkte es sogleich, und führte in 7 Minuten die Verpuffung der Gase herbei. Dasselbe Resultat wurde mehrmals erhalten und bei Anwendung gröfserer Verhältnisse von ölbildendem Gase schien die Hoffnung auf eine Wirkung noch geringer zu seyn.

641) In ein Gemeng von 49 Volumen Sauerstoff und Wasserstoff (638) mit einem Volum ölbildenden Gases wurde eine wohl zubereitete Platinplatte gebracht. Nach Verlauf von zwei Stunden, während welcher beobachtet wurde, war die Verminderung des Gases kaum merkbar; allein als 24 Stunden darauf nachgesehen wurde, fand sich die Röhre in Stücke zersprungen. Die Wirkung war also, obwohl sehr verzögert, doch zuletzt eingetreten und aufs Höchste gestiegen.

642) Mit einem Gemeng von 99 Volumen Sauerstoff und Wasserstoff (638) nebst einem Vol. ölbildenden Gases trat nach 50 Minuten eine schwache Wirkung ein; sie beschleunigte sich (630) bis zur 85sten Minute, und wurde dann so intensiv, dafs das Gemeng verpuffte. Ein sehr hübsches Beispiel von der verzögernden Wirkung des ölbildenden Gases.

643) Platten, mit Alkali und Säure zubereitet (605), gaben entsprechende Wirkungen.

644) Aus diesen Versuchen erhellt deutlich, dafs das ölbildende Gas, selbst in geringen Mengen, das sehr merkwürdige Vermögen besitzt, die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff unter diesen Umständen zu verhindern, und zwar ohne irgend die Kraft des Platins zu schwächen.

645) Ein anderes auffallendes Beispiel einer solchen Störung liefert das *Kohlenoxydgas*, besonders im Gegensatz zur *Kohlensäure*. Ein Gemeng von einem Volum Sauerstoff und Wasserstoff (638) mit 4 Vol. Kohlensäure wurde durch eine mit Säure u. s. w. (605) zubereitete Platinplatte sogleich ergriffen, und nach fünf Viertelstunden war fast aller Sauerstoff und Wasserstoff verschwunden. Gemenge, die weniger Kohlensäure enthielten, wurden noch leichter afficirt.

646) Wenn aber Kohlenoxyd statt der Kohlensäure genommen wurde, fand nicht die geringste Wirkung statt, und selbst, wenn das Kohlenoxyd nur ein Achtel des

gesammten Volums ausmachte, trat sie in 40 bis 50 Stunden nicht ein. Desungeachtet hatten die Platten nichts von ihrer Wirksamkeit eingebüfst, denn, wenn man sie herausnahm und in ein reines Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff brachte, wirkten sie gut und sogleich.

647) Zwei Vol. Kohlenoxyd und ein Vol. Sauerstoff würden vermischt mit 9 Vol. eines Gemengs von Sauerstoff und Wasserstoff (638). Diefs Gemenge erlitt durch eine in Säure positiv gemachte Platte, wiewohl sie 15 Stunden darin blieb, keine Einwirkung. Als aber zu denselben Volumen Kohlenoxyd und Sauerstoff drei und dreifsig Volume des Gemenges von Sauerstoff und Wasserstoff hinzugesetzt wurden, das Kohlenoxyd also nur $\frac{1}{18}$ des Ganzen ausmachte, wirkte die Platte, zwar anfangs langsam, aber doch bald so, dafs die Gase nach 42 Minuten verpufften.

648) Diese Versuche wurden auf verschiedene Gase und Dämpfe ausgedehnt, und dadurch folgende allgemeine Resultate erhalten. Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Stickstoffoxydul, zur Verdünnung des Gemenges aus Sauerstoff und Wasserstoff angewandt, hinderten nicht die Wirkung des Platins, selbst wenn sie vier Fünftel der gesammten Gasmasse ausmachten. Eben so war die Verzögerung in keinem dieser Fälle so grofs als sich von der bloſsen Verdünnung des Sauer- und Wasserstoffs und der damit verknüpften Erschwerung des Zutritts zum Platin erwarten liefse. Die Ordnung, in welcher diese Substanzen zu stehen schienen, ist, mit der wenigst störenden angefangen, folgende: Stickstoffoxydul, Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Sauerstoff. Es ist indefs möglich, dafs die Platten nicht alle gleich gut zubereitet worden, und dafs andere Umstände ebenfalls nicht gleich waren. Es würden also mehr Versuche erforderlich seyn, um die Ordnung genauer festzustellen.

649) Was Fälle von *Verzögerungen* betrifft, so sind die Wirkungen des ölbildenden und des Kohlenoxydga-

ses schon beschrieben. Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff, welche $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{20}$ an Schwefelwasserstoff oder Phosphorwasserstoff enthielten, schienen anfangs eine geringe Einwirkung zu erleiden, späterhin aber nicht weiter, wiewohl sie 70 Stunden mit zubereiteten Platten in Berührung blieben. Als die Platten herausgenommen wurden, hatten sie alle ihre Kraft auf ein reines Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff verloren, was zeigt, dafs die Störung dieser Gase (Schwefel- und Phosphorwasserstoff) von ganz anderer Art ist als die der beiden früheren, da hier die Platten dauernd afficirt wurden.

650) Ein kleines Stück Kork wurde in Schwefelkohlenstoff getaucht und durch Wasser in eine Sauerstoff und Wasserstoff (638) enthaltende Röhre geführt, so dafs sich dessen Dampf in den Gasen verbreiten mufste. Eine hineingebrachte Platte schien anfangs ein wenig zu wirken, doch war nach 61 Stunden die Verringerung sehr klein. Als darauf die Platte in ein reines Gemeng von Sauerstoff und Wasserstoff gebracht wurde, wirkte sie sogleich und kräftig, hatte also anscheinend nichts an ihrer Kraft verloren.

651) Ein wenig Aetherdampf dem Gemenge von Sauer- und Wasserstoff hinzugesetzt, verzögerte die Wirkung der Platte, hinderte sie aber nicht ganz. Ein wenig Dampf von der aus Oelgas condensirten Flüssigkeit [1]) verzögerte die Wirkung noch mehr, doch noch nicht ganz so viel als es ein gleiches Volum ölbildendes Gas gethan haben würde. In beiden Fällen waren es nur der Sauer- und Wasserstoff, welche sich mit einander verbanden; der Aether- und Oelgasdampf blieben unangetastet, und in beiden Fällen behielten die Platten ihre Wirksamkeit auf frische Gemenge von Sauer- und Wasserstoff.

652) Nun ward Platinschwamm statt der Platten angewandt, und Wasserstoff, gemengt mit verschiedenen Gasen, in der Luft gegen denselben geblasen. Die Resul-

1) *Philosoph. Transact. f.* 1825, *p.* 440. (Ann. Bd. V S. 303)

tate waren genau von gleicher Art, wiewohl bisweilen mehr augenfälliger. So vermochten Gemenge von einem Volume ölbildenden oder Kohlenoxyd-Gases mit drei Volumen Wasserstoff den Platinschwamm nicht zu erhitzen, wenn der Versuch bei gewöhnlicher Temperatur angefangen wurde; allein ein Gemeng aus gleichen Volumen Stickstoff und Wasserstoff wirkte sehr gut und bewirkte Erglühen. Mit Kohlensäure waren die Resultate noch stärker. Ein Gemeng von drei Volumen dieses Gases mit einem Volum Wasserstoffgas verursachte Erglühen des Platins, und doch wollte diefs Gemenge nicht fortfahren aus der Röhrenspitze zu brennen, als man den Versuch machte, es durch ein Kerzenlicht anzuzünden. Selbst ein Gemeng aus *sieben* Volumen Kohlensäure und *einem* Volum Wasserstoff bringt auf diese Weise einen kalten Platinschwamm zum Glühen, und doch, gleichsam um einen Contrast zu liefern, der nicht gröfser seyn kann, läfst es sich nicht nur durch ein Licht nicht anzünden, sondern löscht es gar aus. Gemenge mit Kohlenoxyd- oder ölbildendem Gase, welche auf Platin nichts vermögen, brennen dagegen gut, wenn sie durch ein Licht angezündet werden.

653) Wasserstoff, mit Dampf von Aether oder der Oelgasflüssigkeit gemengt, bewirkt Erglühen des Platinschwamms. Das Gemeng mit Oelgas brennt mit einer weit helleren Flamme als das bereits erwähnte Gemeng von Wasserstoff- und ölbildendem Gase, wornach es scheinen würde, dafs die verzögernde Wirkung der Kohlenwasserstoffe nicht ganz im blofsen Verhältnifs zur Menge der anwesenden Kohle steht.

654) Im Zusammenhang mit diesen Störungen mufs ich anführen, dafs selbst Wasserstoffgas, das aus über glühendes Eisen geleitetem Wasserdampf dargestellt worden, nach Vermengung mit Sauerstoffgas, der Einwirkung des Platins widerstand. Es hatte sieben Tage über Was-

ser gestanden und allen stinkenden Geruch verloren; auch verband es sich in einer Röhre nicht mit Sauerstoff, weder durch den Einfluſs einer zubereiteten Platte noch durch den von Platinschwamm. Ein Gemenge von 1 Vol. dieses Gases mit drei Vol. reinen Wasserstoffgases und der gehörigen Menge Sauerstoffgas erlitt in 50 Stunden keine Einwirkung von Platin. Ich bin geneigt diese Erscheinung der Anwesenheit von Kohlenoxyd in jenem Gase zuzuschreiben, habe aber nicht Zeit gehabt, diese Vermuthung zu bewähren. Die Kraft der Platten war dabei nicht zerstört worden (640. 646).

655) Dieſs sind die allgemeinen Thatsachen dieser merkwürdigen Störungen. Ob die Störung, welche von so kleinen Mengen gewisser Gase hervorgebracht wird, abhänge von einer directen Wirkung, welche diese etwa auf die Theilchen des Sauerstoffs und Wasserstoffs ausüben, und wodurch die letzteren weniger geneigt gemacht werden sich mit einander zu verbinden, oder davon, daſs jene Gase die Wirkung der Platte temporär verändern (denn sie bewirken keine bleibende (*real*) Veränderung derselben) indem sie dieselbe vermöge einer stärkeren Anziehung als die des Wasserstoffs bekleiden oder auf andere Art modificiren, muſs ausgedehnteren Versuchen zur Entscheidung anheim gestellt bleiben.

656) Die Theorie, welche ich von den ursprünglichen Erscheinungen gegeben habe, scheint mir ganz hinreichend, alle Effecte durch bekannte Eigenschaften zu erklären, ohne daſs man genöthigt wäre, der Materie eine neue Kraft beizulegen. Ich habe diesen Gegenstand etwas ausführlich behandelt, weil ich ihn für sehr folgenreich halte, und überzeugt bin, daſs die Oberflächen-Wirkungen der Materie entweder zwischen zwei Körpern oder einem Stücke desselben Körpers, und die Wirkungen zwischen Theilchen, die nicht direct oder stark in Verbindung treten, täglich wichtiger werden sowohl

für unsere chemische Theorien als für die mechanische Physik [1]). Bei allen Fällen der gewöhnlichen Verbrennung muſs offenbar eine Wirkung der Art auf der Oberfläche der Kohle im Feuer oder der im leuchtenden Theile der Flamme einen groſsen Einfluſs auf die daselbst stattfindenden Verbindungen ausüben.

657) Die schon (626. 627) erwähnte Beschaffenheit der Elasticität an der Gränze von Gasen und Dämpfen hängt direct zusammen mit der Wirkung fester Körper, wodurch auf sie, als Kerne, Ablagerungen aus Dämpfen erfolgen, wenn in letzteren selbst noch keine Verdichtungen stattfinden; und bei der wohlbekannten Wirkung der Kerne auf Lösungen ist vielleicht ein ähnlicher Zustand vorhanden (623), denn zwischen den Theilchen eines in Auflösung befindlichen und eines gasförmigen Körpers existirt eine Aehnlichkeit des Zustandes. Dieser Gedanke führt uns zu der Betrachtung, was für respective Zustände stattfinden an der Berührungsfläche zweier Portionen einer und derselben Substanz bei derselben Temperatur, von denen die eine starr oder flüssig und die andere gasförmig ist, z. B. an der Berührungsfläche von Dampf und Wasser. Wenn die Ansicht, welche ich (626. 627) als eine Folgerung aus Dalton's Sätzen an-

1) Als ein sonderbares Beispiel von dem Einfluſs mechanischer Kräfte auf chemische Verwandtschaft will ich anführen, daſs gewisse Substanzen nicht effloresciren, wenn ihre Oberflächen unverletzt sind, dagegen aber sogleich, wenn diese verletzt werden. Wenn Krystalle von kohlensaurem, phosphorsaurem oder schwefelsaurem Natron, deren Flächen nirgends abgestoſsen sind, vor äuſserer Verletzung geschützt werden, effloresciren sie nicht. So habe ich Krystalle von kohlensaurem Natron vom September 1827 bis zum Januar 1833 vollkommen durchsichtig und unverändert aufbewahrt, Krystalle von schwefelsaurem Natron eben so vom Mai 1832 bis zur gegenwärtigen Zeit, November 1833. Wenn aber die Oberfläche irgendwo geritzt oder abgestoſsen wurde, so begann die Efflorescenz daselbst und überzog das Ganze. Die Krystalle waren nur in Abdampfschalen gelegt und mit Papier bedeckt.

genommen habe, richtig ist, so scheint es als müfsten die Dampftheilchen, welche den Wassertheilchen zunächst liegen, zu diesen in einer anderen Beziehung stehen als zu irgend sonst einer flüssigen oder starren Substanz, z. B. Quecksilber oder Platin, wenn diese an die Stelle des Wassers gesetzt würden. Es scheint, dafs die gegenseitige Wirkung gleichartiger Theilchen und die Wirkungslosigkeit zwischen ungleichartigen Theilchen, welche Dalton als eine Thatsache bei den Gasen und Dämpfen nachgewiesen hat, sich bis zu einem gewissen Grade auf die starren und flüssigen Körper erstrecke, nämlich wenn sie mit Dämpfen, sey es ihrer eigenen Substanz oder eines anderen Körpers, durch Berührung in Beziehung kommen. Wiewohl ich indefs diese Punkte wegen der Beziehungen, die zwischen verschiedenen Substanzen und deren physischen Beschaffenheit im starren, flüssigen und gasigen Zustand vorhanden sind, für sehr wichtig halte, so habe ich sie doch noch nicht genug überlegt, um hier eine bestimmte Meinung auszusprechen.

658) Es giebt viele wohl bekannte Fälle, wo Substanzen, wie Sauerstoff und Wasserstoff, in ihrem *Entstehungszustand* leicht wirken und chemische Verbindungen hervorbringen, welche, wenn sie einmal den Gaszustand angenommen haben, nicht von ihnen hervorgebracht werden können. Solche Fälle sind an den Polen der voltaschen Säule sehr gewöhnlich, und, wie ich glaube, auch leicht erklärbar, wenn man erwägt, dafs jedes solcher Theilchen in dem Momente der Trennung ganz umgeben ist von Theilchen *anderer* Art, mit denen es in inniger Berührung steht, und dafs es noch nicht diejenigen Beziehungen und Beschaffenheiten angenommen hat, welche es in seinem völlig entwickelten Zustande besitzt und nur im Beiseyn (*association*) von Theilchen seiner eigenen Art annehmen kann. Denn in jenem Moment fehlt ihm Elasticität, und es steht in derselben Relation zu Theilchen, mit denen es in Berührung ist, und zu denen es

eine Verwandtschaft hat, wie die Theilchen von Sauerstoff und Wasserstoff zu einander an der reinen Oberfläche des Platins (626. 627).

659) Die sonderbaren Verzögerungen, welche von sehr kleinen Mengen gewisser Gase und nicht von großsen anderer erzeugt werden (640. 645. 652), stehen wahrscheinlich, wenn sie von einer Beziehung der hinzugefügten Gase zu der Oberfläche des starren Körpers abhängen, in unmittelbarem Zusammenhange mit den sonbaren Erscheinungen, welche, wie ich vor mehren Jahren beobachtet [1]), verschiedene Gase bei ihrem Durchgange durch enge Röhren unter niedrigem Drucke darbieten. Und diese Wirkung der Oberflächen muſs, glaube ich, Einfluſs haben auf die höchst interessanten Phänomene der Diffusion der Gase, wenigstens in der Form, in welcher Hr. Graham i. J. 1829 und 1831 [2]), und auch Hr. Mitchell in Philadelphia 1830 [3]) darüber experimentirt hat. Wahrscheinlich würde bei Anwendung einer Substanz wie Platinschwamm ein anderes Gesetz für die Diffusion der Gase unter diesen Umständen zum Vorschein gekommen seyn, als man es beim Gebrauche von Gyps aufgefunden hat.

660) Ich beabsichtigte, diesem Abschnitt einen andern folgen zu lassen über die Ladungssäulen von Ritter und über die sonderbaren Eigenschaften der Säulenpole oder der Metalle, durch welche Elektricität geleitet worden ist, wie sie Ritter, van Marum, Yelin, De la Rive, Marianini, Berzelius und Andere beobachtet haben. Es scheint mir, daſs alle diese Erschei-

1) *Quarterly Journ. of Science*, 1819, *Vol. VII p.* 106. (Ein Auszug davon in dies. Ann. Bd. XXVIII S. 354.)

2) *Quarterly Journ. of Science*, *Vol. XXVIII p.* 74 *et Edinb. Transaction.* (Ann. Bd. XVII S. 341 und Bd. XXVIII S. 331.)

3) *Journ. of the Royal Institution f.* 1831, *p.* 101. (Ein Auszug davon Annal. Bd. XXVIII S. 334.)

nungen sich nach bekannten und mit der eben geschlossenen Untersuchung in Beziehung stehenden Grundsätzen genügend erklären lassen, und nicht die Annahme eines neuen Zustandes oder einer neuen Eigenschaft erfordern. Allein da jene Versuche, besonders die von Marianini, eine sehr sorgfältige Wiederholung und Prüfung verlangen, so bin ich, bei der Nothwendigkeit, meine Arbeit über die elektro-chemische Zersetzung weiter zu verfolgen, zur Zeit genöthigt, von den eben erwähnten Untersuchungen abzustehen.

Royal Institution, 30. Nov. 1833.

XVI. *Beobachtungen über die in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833 in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika sichtbar gewesene Sternschnuppen-Erscheinung.*

Im vorletzten Bande dieser Annalen, S. 159, gaben wir Kunde von einem in den nordamerikanischen Freistaaten beobachteten sternschnuppen-artigen Phänomen, welches durch seine ungewöhnliche Ausbildung und durch das sonderbare Zusammentreffen in dem Tage seines Erscheinens mit zwei ähnlichen Phänomenen, dem europäischen (13. Nov. 1832) und dem von Hrn. v. Humboldt in Cumana erlebten (12. Nov. 1799) das Interesse auf doppelte Weise in Anspruch nehmen mufste. Wir entlehnten jene vorläufigen, zum Theil etwas seltsam klingenden Berichte aus Zeitungen, in der Hoffnung, dafs irgend ein wissenschaftliches Journal uns nächstens in den Stand setzen würde, umständlichere und gehörig beglaubigte Nachrichten mitzutheilen. Diese Hoffnung ist nun vor einiger Zeit in Erfüllung gegangen. Hr. Denison Olmsted, Professor der Mathematik und Physik am Yale-College zu

New-Haven, im Staate Connecticut, und selbst ein Augenzeuge des Phänomens, hat nämlich Alles, was von ihm und andern Personen in den Vereinigten Staaten über jenes Phänomen beobachtet worden ist, zusammengestellt, und, mit kritischen Bemerkungen begleitet, in Silliman's *Journ. of Science, Vol. XXV* bekannt gemacht [1]). Aus dieser Abhandlung, welche durch die Anzahl, Ausführlichkeit und Uebereinstimmung der darin niedergelegten Beobachtungen keinen Zweifel an der Realität des Phänomens übrig läfst, geht hervor, dafs dasselbe, auch abgesehen von dem imponirenden Schauspiel, welches es dem Auge darbot, ein sehr merkwürdiges war, indem es an den Sternschnuppen eine Seite kennen lehrt, die man früher entweder gar nicht oder doch nur sehr unvollkommen gekannt hat, und die sehr geeignet ist, unsere Vorstellungen von dem Ursprung dieser räthselhaften Meteore, wenigstens in Etwas, zu berichtigen und zu erweitern. Wir glauben daher auch nur eine Verpflichtung zu erfüllen, wenn wir hier das Wichtigste und Wesentlichste aus jener Abhandlung in Kürze mittheilen.

Zunächst lernen wir aus derselben, dafs das in Rede stehende Phänomen wirklich am 13. November des Jahres 1833 erschienen ist, und dafs also in den früheren Zeitungsberichten keine Verwechslung der Jahreszahl stattgefunden hat, wie zu besorgen stand, wenn die i. J. 1832 in Europa beobachtete Erscheinung sich auch über Amerika ausgedehnt hätte. Letztere scheint aber dort weder sichtbar, noch bekannt gewesen zu seyn, denn gleich im

1) Bis jetzt kenne ich nur die erste Hälfte der Abhandlung (drei Druckbogen stark), als besonderen Abdruck aus dem Silliman'schen Journale. Ich verdanke diesen — schon seit einigen Monaten — der Güte des Hrn. v. Humboldt, dem derselbe von Hrn. Prof. Schumacher in Altona zugesandt worden war. Letzterer hatte die Abhandlung von Hrn. Paine in Boston erhalten, begleitet mit einigen brieflichen Bemerkungen, welche hier gleichfalls an den geeigneten Stellen benutzt worden sind. *P.*

Eingange sagt Hr. **Olmsted**: »Der Morgen des 13. Novembers 1833. ist durch eine Sternschnuppen-Erscheinung verewigt, welche vermuthlich ausgedehnter und prächtiger war als irgend eine bisher beschriebene. Wahrscheinlich ist auch in diesem Lande, seit Europäer sich darin niederliefsen, nie ein Phänomen am Himmel beobachtet worden, welches so viel Bewunderung und Freude bei einer Klasse von Zuschauern, als Furcht und Entsetzen bei der anderen erregt hat. Noch lange hernach war das »Meteorische Phänomen« der Hauptgegenstand der Unterhaltung in allen Kreisen.« — Die Bestätigung der Selbstständigkeit dieses Phänomens von dem europäischen, und des, wenigstens hinsichtlich des Monats, vielleicht nicht rein zufälligen Zusammentreffens der Erscheinungszeit beider mit dem von 1799, ist wohl eine Aufforderung für alle Die, welche eines freien Horizonts geniefsen, die sternhellen Nächte der künftigen November zu einer fleifsigen Beobachtung des Himmels zu benutzen, da es wohl möglich wäre, dafs sich ein ähnliches Phänomen wie das sogleich zu beschreibende, wenn auch nicht in demselben Grade, wiederholte.

Um zuvörderst das Gebiet der Sichtbarkeit des amerikanischen Phänomens zu bezeichnen, wollen wir die Namen und Lagen der Orte anführen, von welchen Hr. **Olmsted** ausführliche Beschreibungen erhielt. Es sind ihrer elf.

1) *Boston* in Massachusets, N. Br. 42° 21′ W. L. 71° 4′ (von Greenwich, wie alle folgenden Längen).

2) *New-Haven*, in Connecticut, N. Br. 41° 18′ W. L. 72° 58′.

3) *Westpoint*, N. Br. 41° 24′ W. L. 73° 57′.

4) *Worthington*, in Ohio, N. Br. 40° 4′ W. L. 83° 3′.

5) *Annapolis*, in Maryland, N. Br. 39° W. L. 76° 43′.

6) *Emmittsburg*, in Maryland, N. Br. 39° 40′ W. L. 77° 10′.

7) *Frederick*, in Maryland, N. Br. 39° 24′ W. L. 77° 28′.

8) *Bowling-Green*, in Missouri, N.Br. 39° 20′ W.L. 91°.

9) *Lynchburg*, in Virginien, N.Br. 37° 30′ W.L. 79° 22′.

10) *Salisbury*, in Nord-Carolina, N.Br. 35° 39′ W.L. 80° 25′.

11) *Augusta*, in Georgien, N.Br. 33° W.L. 82′.

Kürzere Notizen erhielt er ferner aus *Long-Island-Sound*, *Hartford*, *New-York*, *Washington*, *Richmond*, *Niagara-Falls*, *Charleston*, *Poland* (Ohio), *Georgia* und *Macon* (Georgien), *Natchez* (Missouri) und mehreren anderen Punkten der Vereinigten Staaten. Ueberdiefs flossen ihm auch Schiffernachrichten zu, und darunter besonders zwei recht wichtige: die eine vom Kapitain Gideon Parker, der sich zur Zeit des Meteors mit dem Schiffe *Junior* im Golf von Mexico unter 26° N.Br. und 85° 20′ W.L. befand, und die andere vom Kapitain des Schiffes *Tenessee*, damals gleichfalls im mexicanischen Meerbusen, unter 23° ½ N.Br. und 82° W.L. segelnd.

Rechnet man zu allen diesen Punkten noch *Halifax* in *Neu-Schottland* [1]), *Matanzas* auf *Cuba* (wo ein Hr. Mallory beobachtete), und *Kingston* auf *Jamaica* so würde das Gebiet der Sichtbarkeit des Phänomens, so weit es bis jetzt bekannt geworden ist, sich vom 18. bis 43. Breitengrad und vom 61. bis zum 91. Längengrad, also beiläufig über eine Fläche von 100000 Quadratmeilen erstreckt haben. Aller Wahrscheinlichkeit nach, hätte es aber, besonders landeinwärts nach Westen, wo es theils an Beobachtern fehlen mochte, oder von wo die gemachten Beobachtungen wegen der Entfernung und schwierigen Communication noch nicht zu Hrn. Olmsted gelangt seyn konnten, eine noch weit gröfsere Ausdehnung. Oestlich vom 61. Grad W.L. und südlich vom 2. Grad N.Br. scheint es indefs nicht mehr sichtbar gewesen zu seyn; wenigstens wurde auf dem Schiffe Douglas, unter

1) Annalen, Bd. XXXI S. 160.

2° N.Br. und 41° W.L., und auf der Brigg *Francia*, unter 36° N.Br. und 61° W.L., wiewohl beide Schiffe in der Nacht des 13. Novembers heiteres Wetter hatten, nichts mehr von dem Phänomen wahrgenommen [1]). Zwischen 50° und 30° W.L. und 40° bis 50° N.Br. herrschte auf dem Meere, nach gleichlautender Aussage von fünf Schiffern, ein heftiger West-Nordwest-Wind mit bedecktem Himmel. Derselbe scheint auch die Beobachtung weiterhin nach Norden gehindert zu haben, wenigstens war es zu Montreal, in Neu-England, der Fall.

Was nun im Allgemeinen den Verlauf des Phänomens betrifft, so wird es zur Beurtheilung desselben hinreichend seyn, aus den zwölf Beschreibungen, welche Hr. O. mittheilt, zwei passende auszuwählen; eine Aufzählung der Einzelheiten des gesammten Thatbestandes, die wir nach dem Beispiele jenes Physikers am Schlusse dieses Auszugs folgen lassen werden, wird dann das Fehlende ergänzen.

Beobachtungen zu New-Haven von Hrn. Olmsted.

Diesen Morgen (13. Nov. 1833) gegen Anbruch des Tages gewährte unser Himmel ein merkwürdiges Schauspiel von Feuerbällen, gewöhnlich Sternschnuppen genannt. Der Beobachter wurde erst gegen 5¼ Uhr mittlerer Zeit auf das Phänomen aufmerksam gemacht. Von diesen Zeitpunkt ab bis zum Sonnenaufgang war es ungemein prächtig, Alles übertreffend, was er je in der Art gesehen hatte. Um eine Vorstellung von dem Phänomen zu bekommen, denke sich der Leser eine ununterbrochene Folge von Feuerkugeln, raketenähnlich von einem wenige Grade südlich vom Zenith liegenden Punkte aus in allen Richtungen längs dem Himmelsbogen gegen den

1) Auf letzterem Schiffe sah man Sternschnuppen, aber nur 4 bis 5 in der Minute.

Horizont herabfahren. Sie begannen ihre Bahn in verschiedenen Abständen von jenem strahlenden Punkt, bewegten sich aber durchweg in solchen Richtungen, dafs die Linien, welche sie beschrieben, aufwärts verlängert, einen und denselben Punkt des Himmels getroffen haben würden. Um diesen Punkt war ein kreisrunder Fleck von mehren Graden, in welchem keine Meteore beobachtet wurden. Gewöhnlich liefsen die Feuerkugeln, beim Herabfahren am Himmelsgewölbe, einen lebhaften Lichtstreif hinter sich, und just ehe sie verschwanden, explodirten sie oder lösten sich plötzlich in Rauch auf. Dabei war kein Knall oder sonstiges Geräusch zu hören, obwohl aufmerksam darnach gehorcht wurde.

Aufser diesen distincten Massen oder individuellen Körpern zeigte die Atmosphäre *phosphorische Linien* als Gefolge eines Zuges kleiner Punkte, die in gröfster Fülle in einer nordwestlichen Richtung fortschossen. Diese copirten nicht so ganz die Gestalt des Himmels, sondern bewegten sich in mehr geradlinigen Bahnen und schienen dem Beobachter näher zu seyn als die Feuerkugeln. Das Licht ihrer Schweife war auch blässer, nicht unähnlich den Zügen, welche man im Dunkeln durch Schreiben mit Phosphor auf eine Wand hervorbringen kann. Die Anzahl dieser Lichtzüge nahm wechselsweise zu und ab; sie durchschnitten das Gesichtsfeld ab und zu wie vom Winde getriebener Schnee, obwohl in Wirklichkeit ihr Lauf gegen den Wind gerichtet war.

Von diesen beiden Varietäten zeigten sich dem Beobachter Meteore von verschiedener Gröfse und verschiedenem Glanz. Einige waren blofse Punkte, andere aber gröfser und heller als Jupiter und Venus; ja eins, welches eher erschien, als Hr. O. geweckt wurde, soll, nach dem Urtheile eines glaubwürdigen Augenzeugen, nahe so grofs als der Mond erschienen seyn. Das Aufblitzen (*flashes of Light*), obgleich weniger intensiv als eigentliche Blitze, war so hell, dafs die Einwohnerschaft in ihren Betten aufgeweckt wurden. Eine Kugel, welche

in nordwestlicher Richtung fortschofs, und ein wenig nordwärts von Capella zersprang, liefs genau hinter dem Ort des Zerspringens einen phosphorescirenden Schweif von besonderer Schönheit zurück. Dieser Schweif war anfangs fast gerade, bald aber begann er kürzer und breiter zu werden, und die Gestalt einer sich aufrollenden Schlange anzunehmen, bis er endlich als eine kleine leuchtende Dampfwolke erschien. Diese Wolke entstand ostwärts (vermuthlich durch den Wind, der in dieser Richtung mäfsig bliefs), entgegen der Richtung, in welcher das Meteor fortgeschritten war, und blieb mehre Minuten sichtbar. Das Licht der Meteore war gewöhnlich weifs, hin und wieder aber auch prismatisch, mit Vorwalten des Blau.

Ein Viertel vor sechs Uhr schien es der Gesellschaft, worin sich Hr. O. befand, als habe der Punkt der scheinbaren Radiation sich ostwärts vom Zenith ab bewegt; er merkte sich daher dessen Stelle unter den Sternen genau. Der Punkt lag damals im Sternbilde des Löwen, etwas westlich von Gamma. Nach Verlauf einer Stunde nahm der Punkt noch dieselbe Stelle im Löwen ein, wiewohl diefs Gestirn, vermöge der täglichen Drehung der Erde, um nahe 15 Grad nach Westen gerückt war. Nimmt man einen Himmelsglobus zur Hand, so wird man sehen, dafs dieser Punkt eine Rectascension von 150 Graden und eine Declination von 21 Graden hatte, folglich, dafs er, als er sich im Meridian befand, 20° 18′ südlich vom Zenithe lag.

Das Wetter hatte sich kurz vorher verändert. Am Abend des 11. Nov. fiel mit Südwind viel Regen, und am 12. herrschte ein starker und stofsweiser Wind aus Westen. Am Abend war der Himmel sehr heiter; es fielen Sternschnuppen, aber nicht so zahlreich, dafs sie eine besondere Aufmerksamkeit erregten. Am 13. des Morgens (zur Zeit des Meteors) war die Luft ruhig und der Himmel ungewöhnlich heiter.

Beobachtungen zu New-Haven, vom Feldmesser Palmer.

Hr. Palmer war in den ersten Stunden der Nacht aufser Hause gewesen, und hatte währenddefs eine ungewöhnliche Anzahl von Sternschnuppen wahrgenommen; diefs veranlafste ihn, Andrew Ellicott's Beschreibung der am 12. Nov. 1799 erschienenen Meteore nachzulesen, wobei ihm dann die Gleichheit des Jahrestages sogleich in Erstaunen setzte. Von 7 Uhr Abends gewahrte er einen röthlichen Dunst, welcher anfangs unten am südlichen Horizont erschien, allmälig aber an dieser Seite des Himmels bis zum Zenith heraufstieg. Er war sehr dünn, verdunkelte aber doch die kleineren Sterne. Als dieser Dunst erschien, war der Wind südwestlich, wiewohl er ein oder ein Paar Stunden zuvor West gewesen. Um 12 Uhr zog sich Hr. P. zur Ruhe; um 2 Uhr wurde er aber schon durch einen seiner Untergebenen wieder geweckt, welcher die Meteore von seinem Zimmer aus gesehen hatte.

Hr. Palmer, das Phänomen für ein elektrisches haltend, machte sogleich einige Versuche, um den elektrischen Zustand der Atmosphäre zu prüfen. Sein seidnes Taschentuch, mit der rechten Hand an einem Ende gefafst und schnell durch die linke gezogen, gab eine ungewöhnliche Anzahl elektrischer Funken. Beim Drehen einer kleinen Elektrisirmaschine waren deren Funken, die für gewöhnlich kurz und schwach zu seyn pflegten, viel länger und stärker als er sie je gesehen hatte. Seidenfäden, gegen eine Eisenstange gehalten, welche in dem Boden neben dem Hause stand, wurden von dieser stark angezogen. — Er untersuchte darauf seinen Compafs; er fand die Nadel unruhiger als gewöhnlich, doch, so viel er beurtheilen konnte, die gewöhnliche Declination zeigend.

Die zuerst beobachteten Meteore waren von röthlicher Farbe. Eine halbe Stunde nach angefangener Beobachtung schien sich die Zahl derselben verdoppelt zu haben,

was er aus dem Vergleiche derselben mit einer gewissen als Marke dienenden Anzahl von Sternen schlofs. Sie alle gingen anscheinend von einer *kreisrunden südöstlich vom Zenith liegenden Stelle* aus. Die Stelle war heller als die anliegenden Theile des Himmels und anfangs nur klein; sie vergröfserte sich aber allmälig immer mehr und mehr, so dafs sie am Ende der Beobachtungen viele Male gröfser war als anfangs. Innerhalb dieses Raums war er, so lange er aufrecht stand, nicht vermögend irgend ein Meteor zu entdecken; als er sich aber auf den Rücken hinlegte, konnte er darin viele kurze Lichtlinien wahrnehmen, welche sich träge bewegten und hauptsächlich auf den nördlichen Theil jenes Raums beschränkt waren. Nach 3 Uhr bestieg Hr. Palmer den West-Rock, eine Anhöhe nahe bei seinem Wohnhause von etwa 200 Fufs. Er konnte aber daselbst nichts Besonderes wahrnehmen, aufser dafs dort die Meteore weniger zahlreich erschienen. Er blieb eine Viertelstunde daselbst und kehrte dann zurück.

Von 3 bis 4 Uhr war die Luft ruhig, allein um 4 Uhr bliefs auf kurze Zeit ein starker Stofswind aus Nordwest, und gleich darauf vermehrten sich die Meteore zum Erstaunen. Um diese Zeit, nämlich um 4 Uhr, mochte die Erscheinung wohl ihr Maximum erreicht haben. In mäfsigen Zeiträumen kehrten die Windstöfse wieder, immer mit geringerer Kraft, und jedesmal veranlafsten sie eine wahrnehmbare Vermehrung der Meteore. Die Lichtschweife, welche die explodirenden Feuerkugeln hinter sich liefsen, waren meistens gelblich, zuweilen aber auch röthlich. In der Mitte waren die Schweife am breitesten. Zu verschiedenen Zeiten hörte er eine Anzahl schwacher Explosionen, gewöhnlich dem Geräusch einer Klatschbüchse (*pop-gun*) der Kinder gleichend und nicht unähnlich dem einer Rakete. Ihnen folgte ein besonderer Geruch, welchen die ganze Gesellschaft, aus vier Personen bestehend, verspürte, und eine von diesen, mit dem

Geruch von Schwefel oder Zwiebeln verglich. Die Meteore, welche dieses Geräusch hervorbrachten, gingen alle in einer nordwestlichen Richtung. Zwei von ihnen hatten einen wohl begränzten Kern, von der Gröfse einer Obertasse. Ihr Licht war mehrmals so stark, dafs Hr. P. die Farbe des Bartes einer seiner Begleiter erkennen konnte. Sie gingen bis unter die Wipfel (*passed below the tops*) der etwa 25 Ruthen entfernten Bäume, und gaben einen Paff (*pop*) genau ehe sie die Bäume erreichten. Eins der Meteore schien eine Scheune zu treffen und gab einen lauteren Paff (*pop*) als alle übrigen. — Im Osten zeigte sich, vom Beginne der Beobachtungen an, fortwährend ein nordlichtartiger Schein, ähnlich der Morgendämmerung.

Kurz vor fünf Uhr versuchte Hr. Palmer den gröfsten Kreis, welcher durch den Mittelpunkt der Strahlung und durch den Nord- und Südpunkt ging, mittelst eines Theodolithen roh in bestimmte Stücke zu theilen. Von denjenigen Meteoren, welche ihre Bahn am Himmel verzeichneten, sank keins unter eine Höhe von 37° hinab. Die, welche in den Raum von 37° bis 57° Höhe fielen, hatten eine röthliche Farbe und längere Schweife als die übrigen. Die Schweife umspannten einen Winkel von 40°. Meteore von gleicher Höhe hatten Schweife von gleicher Länge. In der nächsten Zone darüber (57° bis 77°) waren die Meteore blässer aber zahlreicher. In der dann folgenden, 25° breiten Zone (von 77° N. bis 12° S.), welche an den vorhin erwähnten kreisrunden Fleck gränzte, waren die Meteore am zahlreichsten, von weifser Farbe und mit kurzen Schweifen. Alle diese Beobachtungen wurden an der Nordseite des Bogens gemacht; an der Südseite schien sich, einer Schätzung nach, Alles eben so zu verhalten, nur waren dort die Meteore minder zahlreich.

Uebersicht der Thatsachen.

Aus den beiden eben mitgetheilten und den übrigen hier fortgelassenen Beschreibungen hat, wie bereits erwähnt, Hr. Olmsted sehr zweckmäfsig die einzelnen Thatsachen und Angaben herausgehoben und übersichtlich zusammengestellt. Sie betreffen nach ihm folgende zwölf Punkte.

1) *Wetter*. — Ueberall, wo (in den Vereinigten Staaten) die Meteore beobachtet wurden, fand ein plötzlicher und ungewöhnlicher Uebergang von warmem Wetter zu kaltem statt, begleitet von einer aufserordentlichen Durchsichtigkeit der Atmosphäre.

Belege dafür (jedoch ohne brauchbare Thermometerangaben) werden beigebracht aus: Boston, Hartford (Connecticut), Philadelphia, Annapolis, Salisbury (Nord-Carolina), Charleston, Augusta, Buffalo, Poland, Mobile (N.Br. 30° 40′ W.L. 88° 11′), Natchitoches (N.Br. 32° W.L. 93°), wo meistens am 11. und am Vormittage des 12. Nov., bei bedecktem Himmel und theils Südost-, theils Südwestwinden, warme Witterung herrschte, und gegen den Abend des letzten Tages mit Nordwest- oder Nordostwind kaltes und heiteres Wetter eintrat.

Schwerlich hängt indefs diese Witterungsveränderung mit dem Phänomen zusammen. Den besten Beweis davon liefert der Umstand, dafs das Phänomen zu *Matanzas* auf *Cuba* sichtbar war, ohne von einer solchen Witterungsveränderung begleitet zu werden. Hr. Mallory bemerkt ausdrücklich, dafs sich daselbst vor und nach dem 13. Nov. nichts Ungewöhnliches in der Atmosphäre zugetragen habe. Am 12. Nov. schwankte das Thermometer von 77° bis 84° F., am 13. Nov. von 75° bis 82° F. Auch sind nach dem Zeugnisse des bereits im Eingange dieser Abhandlung erwähnten Hrn. Paine zu *Boston* solche plötzliche Temperaturerniedrigungen und Aufhellungen der Nächte in den Vereinigten Staaten gar nicht selten. Während das Thermometer in der Nacht

vom 12. auf den 13. Nov. zu Boston nur um 24° F. sank, beobachtete er selbst früher schon Temperaturerniedrigungen von 54°. F. innerhalb 18 Stunden.

Bemerkt zu werden verdient vielleicht noch, dafs ein Reisender in der Grafschaft St. Laurence (Staat New-York) statt der Meteore einem Schneeschauer begegnete, wobei er häufig helle Blitze (*flashes of bright light*) beobachtete. Weiter nördlich, zu Montreal in Neu-England, war, wie bereits erwähnt, der Himmel bezogen.

2) *Anfangszeit und Dauer.* Von 9 Uhr Abends bis Mitternacht fingen die Meteore an, durch ihre Häufigkeit und ihren Glanz die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen; von 2 bis 5 Uhr Nachts, an einigen Orten um 4 Uhr, erreichte das Schauspiel das Maximum seiner Ausbildung; es blieb mit abnehmender Stärke bis zum Anbruch des Tages sichtbar. Die letzten Beobachtungen gehen selbst bis acht Uhr Morgens.

Hr. Olmsted specificirt diefs durch Beobachtungen vom 17 Orten, deren geographische Längen er zugleich hinzugefügt hat, um den Einflufs des Unterschiedes derselben auf die Erscheinung vergleichen zu können. Es geht indefs nichts recht Bestimmtes daraus hervor wie bei einem Phänomen dieser Art, zumal es ganz unerwartet kam, sehr natürlich ist. Das einzige Resultat, welches er daraus abzuleiten glaubt, ist das: dafs an den verschiedenen Orten, ungeachtet ihres Längenunterschiedes, das Maximum *zu derselben Stunde der Nacht* eintrat. Das Resultat wäre gewifs sehr wichtig, scheint uns aber doch durch die von Hrn. Olmsted mitgetheilten Documente sehr schwach begründet zu seyn, und würde sich auch wohl mit dem weiterhin angeführten Hauptresultate, nach welchem das Phänomen offenbar nicht tellurischen Ursprungs gewesen seyn kann, nicht recht vereinbaren lassen.

3) *Anzahl der Meteore.* — Die Zahl der in der Nacht herabfahrenden Meteore konnte nur sehr roh ge-

schätzt werden, scheint aber *unermeſslich groſs* gewesen zu seyn. Nach der Schätzung eines Beobachters zu Boston, die indeſs Hr. O. noch für zu gering hält, fielen gegen sechs Uhr (also nicht einmal zur Zeit des Maximums) während 15 Minuten an einer Stelle, die etwa ein Zehntel des Himmels oder weniger einnehmen mochte, 650 Sternschnuppen. Es war unmöglich sie alle zu zählen, und daher glaubt jener Beobachter nicht zu übertreiben, wenn er die Zahl der während jener 15 Min. am ganzen Himmel gefallenen Meteore auf 8660 anschlägt. Dieſs würde für eine Stunde 34640 und für die ganze Dauer des Phänomens, wenn man sie zu sechs Stunden ansetzt, die ungeheure Zahl von 207840 geben. Wie wenig zuverlässig diese Schätzung auch seyn mag, so giebt sie doch einen ungefährigen Maaſsstab zur Beurtheilung der Gröſse des Phänomens. Uebrigens fielen die Meteore so wie zu verschiedenen Zeiten auch nicht an den verschiedenen Theilen des Himmels gleich dicht. Zu New-Haven waren sie, nach Hrn. Palmer's Beobachtungen, am häufigsten an der Nordseite, zu Lynchburg war dagegen, wie es in einem Berichte heiſst, das Phänomen im Süden und Westen am glänzendsten (vielleicht will dieſs nur sagen, daſs dort die gröſseesten Sternschnuppen fielen).

4) *Varietäten.* — Es zeigten sich dreierlei Meteore: 1) *phosphorescirende Linien*, von denen jede anscheinend von einem Punkt beschrieben wurde. 2) *Groſse Feuerkugeln*, die in Pausen am Himmel herabschossen und Schweife hinterlieſsen, welche gewöhnlich einige Zeit Bestand hatten. 3) *Leuchtende Körper, die eine Zeit lang sichtbar blieben.*

Die *erste Varietät* wird in mehren Beschreibungen angeführt und im Ansehen mit groſsen Schneeflocken verglichen, daher es darin heiſst: *Es schneiete Feuer.* So berichtete der Dr. M'Connel zu *Mauch Chunk*: »Um 4 Uhr fand ich die ganze Atmosphäre mit Feuerflocken erfüllt; ich sage *Flocken*, weil die Meteore den Schnee-

flocken von der sternförmigen Art glichen; sie hatten scheinbar einen Zoll im Durchmesser, waren blafs rosenroth, fielen senkrecht nieder und so dicht als ich je habe Schnee fallen sehen; es war kein Wind vorhanden, der sie hätte aus der verticalen Richtung ablenken können; ungefähr zehn bis zwölf Fufs von der Erde (vermuthlich scheinbar gemeint? *P.*) zersprangen sie, ohne dafs sich irgend ein Geräufsch vernehmen liefs, in unzählbare Flitterchen oder kleine Sterne, genau wie es Raketen thun.« In Bezug auf diesen Vergleich bemerkt indefs ein anderer Beobachter aus Union-Town in Pensylvanien: Das Phänomen habe nicht die geringste Aehnlichkeit mit einem Schneegestöber gehabt, weder in Anzahl, noch Richtung, noch Geschwindigkeit der gesehenen Körper. Die Meteore seyen nicht gegen die Erde *gefallen*, sondern als Feuerstreifen fortgegangen unter Winkel von mindestens 30 Graden mit dem Horizont, nicht langsam wie fallende Schneeflocken, sondern mit der Schnelligkeit des Blitzes, oft das halbe Himmelsgewölbe in weniger als einer Secunde durchfliegend.

Hr. Olmsted glaubt, diese erste Varietät sey der Erde viel näher gewesen als die beiden andern, und die im Allgemeinen bei derselben beobachtete Tendenz nach Westen eine Folge der Umdrehung der Erde; doch ist er der Meinung, dafs die, welche, wie berichtet worden, ihre Hand ausstreckten, um diese leuchtenden Körper zu fangen, mit den Kinderchen zu vergleichen seyen, welche den Mond greifen wollen.

Die *zweite Varietät* findet sich fast in jeder Beschreibung erwähnt. So heifst es in einem Bericht von New-York, es sey daselbst um 5 Uhr von einem Punkte nordwestlich vom Zenith eine Feuerkugel herabgefahren, so grofs wie ein Mannshut (wie solche Angaben zu verstehen sind, braucht wohl nicht erklärt zu werden), und einen blutrothen, zwei bis drei Zoll breiten Schweif hinterlassend, der zehn bis zwölf Minuten lang sichtbar war,

dann, wie es schien, gen Westen hin in Stücke zerfiel und sich aufrollte. — Zu Richmond in Virginien sah man innerhalb 10 Minuten zwei Meteore von der Gröfse einer sechszölligen Kugel. Das erste flog in nordöstlicher Richtung und hinterliefs unter fortdaurendem Funkensprühen einen Lichtstreif von zwei- bis dreihundert Ellen Länge, bis es endlich in tausend Stücke zersprang. Während seiner Dauer konnte man mit Mufse die Zahl 68 zählen. Das zweite flog nach Südosten fort und blieb so lange sichtbar, dafs man 137 zählen konnte. — Hrn. Palmer's Beobachtungen über die Länge der Schweife sind bereits S. 198 angeführt.

Von *der dritten Varietät* liefern die beiden folgenden Angaben Beispiele. — Zu *Poland* (Grafschaft Trumbull, Staat Ohio) war in Nordosten ein leuchtender Körper länger als eine Stunde sichtbar. Hr. Calvin Pease, ein Geistlicher, entdeckte denselben um 4 Uhr nahe beim Sterne Alioth im grofsen Bären; er war damals sehr glänzend und hatte die Gestalt eines Gartenmessers (Sichel, *pruning-hook*), anscheinend 20 Fufs lang und 18 Zoll breit; er liefs sich langsam zum Horizont herab und verschwand dann. Ein anderer Beobachter sah dieses Meteor um 5 Uhr; es ähnelte, nach ihm, dem Mond im ersten Viertel (*new Moon*) und schien durch eine Wolke; funfzehn Minuten später war keine Spur von ihm mehr sichtbar. — Am *Niagara-Fall* sah Hr. Parson gegen 2 Uhr in der Nähe des Zeniths einen leuchtenden Körper von der Gestalt eines *Quadrats*, welcher eine Zeit lang fast still stand und grofse Lichtstreifen aussandte.

5) *Höhe.* — Die Meteore machten auf die meisten Beobachter den Eindruck, wie wenn sie im Allgemeinen in einer nicht sehr grofsen Höhe in der Atmosphäre befindlich waren, und zuweilen ganz bis zur Erde herabfuhren. — Keine der von Hrn. Olmsted beigebrachten Angaben giebt indefs von diesen Satz einen unzweifelhaften Beweis; man kann nur so viel mit Gewifsheit dar-

aus entnehmen, dafs die Meteore häufig in einer geringen scheinbaren Höhe über dem Horizont erlöschten.

6) *Geräusch.* — Bei weitem die meisten Beobachter vernahmen kein Geräusch; es ist daher zu vermuthen, dafs die wenigen, welche ein Krachen, Paffen oder Rauschen gehört haben wollen, sich täuschten. Vielleicht, meint Hr. Olmsted, sey nach dem Zerspringen der gröfseren Meteore Etwas auf die Erde gefallen, und dadurch ein schwaches Geräusch hervorgebracht, doch müsse jedenfalls die Frage, ob die Meteore mit einem Geräusch begleitet waren, unentschieden bleiben. Gegen das (vielleicht später niedergeschriebene) Ende seiner Abhandlung nimmt er indefs diese Ansicht halbwegs wieder zurück, indem er sagt, der Vergleich des Geräusches der Meteore mit dem Sausen und endlichen Zerplatzen einer Rakete komme in den Berichten zu häufig vor, als dafs man annehmen könne, es sey nur eingebildet gewesen oder von fremdartigen Ursachen erzeugt. Er erwähnt überdiefs noch, dafs man zu Charleston eine laute Explosion gehört haben wolle.

7) *Substanzen, die angeblich auf die Erde gefallen seyn sollen.* Hr. O. bringt fünf Angaben bei, die sich dafür aussprechen.

In der Grafschaft *Nelson* (Virginien) sagte man einem Hrn. Garland, es sey ein grofser Wassertropfen auf eine Tonne gefallen; er sah sogleich nach und fand eine Substanz von der Gröfse eines 25-Cents-Stück, ähnlich geronnenem Eiweifs (*white of an egg made hot*), oder richtiger einer zerstückelten thierischen Gallerte. — In *Rahway* (New-Yersey) sah man einen »*feurigen Regen*« den Boden treffen und fand »*Klumpen von Gallerte.*« — In *Newark* (New-Jersey) fand man gleich nach Sonnenaufgang eine gallertartige Masse, die man wegen ihrer sonderbaren Textur für meteorischen Ursprungs hielt. Sie glich weicher Seife, hatte wenig Elasticität, und verdampfte als man sie erwärmte, so leicht als Wasser

(doch wohl nicht gänzlich? *P.*). Es schien, als sey diese Masse mit bedeutender Kraft auf den Boden gefallen. — Zu *West-Point* sah eine Frau, die bei Sonnenaufgang Milchen ging, Etwas (»*with a spash*«) vor sich niederfahren. Sie fand eine runde abgeplattete Masse von der Gröſse einer Oberthasse, kleisterähnlich, und so klar, daſs sie den Boden dadurch erblicken konnte. Als sie um 10 Uhr nach derselben Stelle zurückkehrte, war keine Spur von der Masse wieder zu finden. Ein Knabe fand indeſs an der Stelle kleine unregelmäſsig geformte Körper von der Gröſse eines Schrotkorns oder Nadelknopfs, die beim Aufheben zu Pulver zerfielen (*and disappearing*). — In *Hartford* soll ein Bürger durch eine gegen sein Fenster schlagende Feuerkugel geweckt worden seyn. — Auch Hr. Paine bemerkt in seinem Briefe an Hrn. Prof. Schumacher, ein sehr unterrichteter Mann in einem der nördlichen Bezirke von Philadelphia habe mehrmals eine Substanz auf die Erde fallen gesehen, sie aufgenommen und aus einer sehr durchsichtigen Gallerte bestehend gefunden.

Es ist wohl schwer zu sagen, was von diesen Angaben zu halten sey, doch würde man wohl zu voreilig verfahren, wenn man sie unbedingt verwerfen wollte, zumal man schwerlich voraussetzen darf, daſs alle die Personen, welche angeblich solche Massen fanden, etwas von dem in Europa über die Sternschnuppen-Substanz verbreiteten Volksglauben gewuſst haben.

8) *Elektrische und magnetische Erscheinungen.* — Beobachtungen an mehren Orten deuteten auf einen sehr elektrischen Zustand der Atmosphäre. — Die Beobachtungen des Hrn. Palmer's sind bereits S. 196 angeführt; ein Dr. Kirtland zu Poland (Ohio) sah um 10 Uhr Abends bei der geringsten Bewegung Funken aus seinen Kleidern springen; zu Lynchburg divergirte das Goldblattelektrometer und der Pendel einer Zambonischen Säule ging schneller u. s. f. Alle diese Erscheinungen können

indefs sehr wohl Folgen der durch die Kälte eingetretenen Trockenheit der Luft gewesen seyn. — In Lynchburg fand Hr. Smith keine Veränderung in der magnetischen Inclination, Declination und Intensität; zu Emmittsburg glaubte der Dr. Aiken die Declination während des Phänomens etwas gröfser als gewöhnlich zu finden, und zu New-Haven schien Hrn. Palmer die Magnetnadel etwas unruhig (S. 196).

9) *Nordlicht.* — Erscheinungen, welche mehr oder weniger einem Nordlicht ähnelten, wurden an mehren Orten beobachtet, an andern dagegen nicht.

In Halifax (Virginien), Providence, Lynchburg und Salisbury war nichts von einem Nordlicht sichtbar. In New-Haven dagegen sah Hr. Palmer den gröfsten Theil der Nacht hindurch eine Nordlichtbank (S. 198). Zu Boston ward ringsum am Horizont ein Dunst in der Atmosphäre bemerkt, welcher eine halbe Stunde vor Sonnenaufgang in Südosten ein schönes Ansehen annahm. Zu Dover (New-Hampshire) beobachtete Hr. Caswell ein förmliches Nordlicht von den Abendstunden an bis 4 Uhr Morgens, wo es plötzlich in hellleuchtende Streifen ausbrach, sich in Säulen ausbreitete, tausenderlei Gestalten annahm, alle Farben des Regenbogens zeigte, und vom Horizont fast bis zum Zenith hinaufschofs. Dieser Scene folgte ein glänzendes Feuerwerk. Leuchtende Bälle flogen mit grofser Schnelligkeit umher, und liefsen kometenartige Schweife hinter sich. Das Ganze endigte mit der Bildung eines Triumphbogens, welcher kurz vor Anbruch des Tages verschwand. — Zu Buffalo wurde von $4\frac{1}{2}$ bis 5 Uhr beobachtet und währenddefs ein Nordlicht deutlich gesehen, doch nicht so glänzend und lebhaft als es sonst dort zu seyn pflegt. — Zu Cincinnati sah Hr. Darius Lapham in ONO. eine Nordlichtbank, deren unterer Rand ihm mehrere Grade über dem Horizont zu stehen schien. — Endlich ward auch zu Poland (Ohio) um 10 Uhr ein sehr deutliches Nordlicht gesehen. — Nach

diesen Beobachtungen (namentlich nach der zu Doves) sieht es fast aus, wie wenn die Sternschnuppen und Feuerkugeln aus einem Nordlicht hervorgegangen seyen; doch ist es auch möglich, dafs die ersteren sich dem letzteren nur hinzumischten. Die Beschreibung ist zu kurz (sie ist hier ganz mitgetheilt) als dafs sich etwas Bestimmtes daraus entnehmen liefse.

10) *Begleitende Phänomene.* Als solche führt Hr. Olmsted folgende vier auf: einen Erdfall zu Woodburn, bei Hudson, einen angeblichen schwachen Erdstofs zu Lynchburg (10 Uhr Abends), einen Regen ohne Wolken zu Harvard (8 Uhr Morgens am 13. Nov.), ein am 1. und 3. Dec. Abends zwischen 7 und 8 Uhr zu New-Haven gesehenes Zodiakallicht. Indefs ist er selbst der Meinung, dafs diese Erscheinungen mit den Sternschnuppen nicht den mindesten Zusammenhang hätten.

11) *Bahn der Meteore.* — Die Meteore bewegten sich entweder in geraden Linien oder in Curven, die in einer durch das Auge der Beobachter gehenden Ebene lagen, also als gerade Linien erscheinen mufsten. Einigen Beobachtern schienen sie senkrecht herabzufahren (z. B. Hrn. Mallory zu Matanzas auf Cuba, so wie auch dem Beobachter in Boston), anderen nach Nordwesten zu neigen (z. B. den Beobachtern zu Annapolis, Halifax (Virginien), Augusta, Poland), noch anderen sich in jeder Richtung zu bewegen (z. B. denen zu Macon und Buffalo). Zu Boston, wo sie im Ganzen senkrecht herabfuhren, sah man zwei Meteore fast horizontal von NO. nach SW. fortschiefsen; zu Philadelphia machten sie Winkel von 10° bis 45° und zu Halifax (Virginien) sogar von 60° mit der Verticale. Zu *Buffalo* und *Concord* (New-Hampshire) will man sogar Meteore haben in die Höhe steigen sehen.

12) *Scheinbarer Ursprung der Bahnen.* — Den meisten Beobachtern schienen die Meteore von einem festen Punkt am Himmel auszugehen, oder vielmehr Bah-

nen in solcher Richtung zu beschreiben, dafs sie rückwärts verlängert, sich in einem solchen Punkt getroffen haben würden. Einige verlegten diesen Punkt in das Zenith, andere südöstlich vom Zenith, in das Sternbild des Löwen, und sahen ihn darin stillstehen, diefs Gestirn auf seinem täglichen Gange begleiten.

Diefs ist unstreitig das wichtigste Resultat in der ganzen Masse von Beobachtungen, und daher auch dasjenige weshalb wir vorzugsweise die Aufmerksamkeit der Leser auf das in Rede stehende Phänomen glaubten hinlenken zu müssen. Ehe wir jedoch eine Folgerung daraus ziehen, wird es zweckmäfsig seyn, die näheren Belege für dasselbe beizubringen.

1) Die bereits, S. 197, mitgetheilte Beobachtung des Hrn. Palmer zu *New-Haven;* nach ihr lag der Mittelpunkt der scheinbaren Radiation 12° südöstlich vom Zenith.

2) Zufolge der Angabe des Hrn. Twining in *West-point* gingen daselbst die Meteore, ohne Ausnahme, von einem wenige Grade südöstlich vom Zenith gelegenen Punkte aus, hatten in dessen Nähe eine langsame Bewegung und kurze Schweife, nahmen aber an Schnelligkeit und an Länge der Lichtschweife zu, so wie sie sich von ihm entfernten. Um $5^h \frac{1}{2}$ schien ihm dieser Punkt auf der Mitte der Linie zu liegen, welche ε und γ oder genauer μ und η im Sternbilde des Löwen verbinden würde.

3) Professor Aikin zu *Emmittsburg* sah die Meteore Bahnen beschreiben, die radienweise von einem gemeinschaftlichen Fleck divergirten; dieser Fleck lag um $5\frac{1}{4}$ Uhr etwas südöstlich vom Zenith, im Halse des Löwen, beim Sterne γ.

4) Hr. Barber zu *Frederick* sagt: der Punkt am Himmel, welcher den Fokus dieser Strahlen (der leuchtenden Bahnen der Meteore) bildete, wenn man ihn so nennen kann, lag im Halse des Löwen; dieser Fokus hatte mehre Grade im Durchmesser.

5) Hrn. Riddell zu *Worthington* schienen die Meteore von einem Punkt, ein wenig westlich von Delta, im Sternbild des Löwen auszugehen.

6) In einer *New-Yorker* Zeitung hiefs es: die Meteore schossen von einem 15° südöstlich von unserem Zenith liegenden Punkt in allen Richtungen zum Horizont fort.

7) Aus *Union-Town* (Pennsylvanien) schrieb man: Sie alle schossen von einem und demselben Punkte aus nach dem Umfang eines Kreises. Dieser Punkt lag im Sternhaufen, genannt die Sichel (*Sickle*), ungefähr in der Mitte ihrer Biegung, etwa 6° bis 7° nordwestlich von Regulus.

8) Dr. Humphreys zu *Annapolis* verlegt den Punkt der scheinbaren Radiation in das Zenith, und meint, wenn auch nicht alle Meteore von diesem ausgingen, würden doch ihre Bahnen, rückwärts verlängert, dasselbe geschnitten haben.

9) Zu *Augusta* glaubte man zu bemerken, dafs die Meteore sämmtlich vom Zenith ausgingen.

10) Dasselbe ward aus *Kingston* auf *Jamaica* berichtet.

11) Am *Niagara-Fall* sah man die Meteore sich in jeder Richtung bewegen, doch hauptsächlich vom Zenith aus nach Osten und Süden.

12) Nach Hrn. Sperry zu *Henrietta* (Staat New-York) lag der strahlende Punkt geradeswegs im Zenith.

13) Aus *Wooster* (Ohio) meldete die dasige Zeitung: Das Centrum schien beinahe über unserem Dorfe zu stehen, und von ihm schossen Tausende kleiner sternähnlicher Meteore in allen Richtungen zum Horizont herab.

14) Endlich heifst es in einem Bericht aus *Hart-*

ford: Sie gingen als Radien von Einem Punkt in allen Richtungen fort, hauptsächlich nach SO und NO.

Alle diese Beobachtungen kommen demnach darin überein, dafs sie für die scheinbaren Bahnen der Meteore einen gemeinschaftlichen Ausgangspunkt angeben; nur insofern weichen sie von einander ab, als einige dieses Centrum in das Zenith verlegen, andere aber in einen Punkt südöstlich von demselben. Diese Verschiedenheit kann indefs nicht befremden, wenn man erwägt, dafs manche der Berichterstatter wohl ungeübt in astronomischen Beobachtungen waren, und daher, und wegen der Schwierigkeit, stehend senkrecht in die Höhe zu blikken, die Lage des Zeniths mit einem ihm benachbarten Punkt verwechselten. Alle Beobachter, welche den Mittelpunkt der scheinbaren Radiation in Bezug auf die Sterne fixirten, sagen einstimmig, dafs er im Halse des Löwen gelegen habe. Dagegen ist in den eben mitgetheilten Documenten nicht ausdrücklich bemerkt, dafs jener Mittelpunkt diese seine Lage gegen die Sterne unverändert beibehalten habe im Laufe des Phänomens. Dafs diefs jedoch wirklich der Fall gewesen sey, beweisen einerseits die Beobachtungen des Hrn. Olmsted, und andererseits die Zeugnisse mehrer Männer, bei denen sich derselbe eigends nach diesem merkwürdigen Umstand erkundigte.

1) Die Beobachtungen des Hrn. O. wurden bereits, S. 195, mitgetheilt.

2) Hr. Twining zu *Westpoint* sagt in einem Briefe an Hrn. Olmsted: Meine Meinung ist und war, dafs, wiewohl das leuchtende Phänomen sich innerhalb unserer Atmosphäre befand, dennoch die Quelle oder Ursache desselben weit aufserhalb derselben lag. Auf mich machte es den Eindruck, als nähme der strahlende Punkt nicht Theil an der Rotation der Erde.

3) Hr. Barber zu *Frederick* schrieb: Als Beantwortung Ihrer Frage kann ich mit Zuversicht sagen, dafs von meiner ersten Beobachtung an, ein wenig nach 5½ U.,

bis zur Verdunklung der Meteore durch das Tageslicht keine Veränderung in dem scheinbaren Punkt der Strahlung für das Auge wahrnehmbar war.

4) In Hrn. Prof. Aiken's Brief aus *Emmittsburg* heifst es: Der strahlende Punkt ward von mir gegen 4¾ Uhr oder etwas früher bemerkt. Er behielt dieselbe relative Lage gegen Gamma Leonis während der ganzen Beobachtungszeit, d. h. bis das Tageslicht die Meteore verdunkelte, etwa zwei Stunden lang.

5) Hr. Scott in *Providence* ward die fixe Lage des strahlenden Punkts etwa eine halbe Stunde vor dem Verschwinden des Meteors gewahr. Während dieser Zeit veränderte sie sich nicht merklich gegen die Sterne.

6) Hr. Riddell zu *Worthington* meldete: Erst kurz vor 5 Uhr fiel es mir ein, die Lage des scheinbaren Ausgangspunkts der Meteore näher zu bestimmen. Um 5 U. hatte dieser Punkt eine gerade Aufsteigung von nahe 149° und eine Abweichung von 21° 45', lag daher etwas westlich von Gamma Leonis, nicht von Delta, wie früher (S. 209) gesagt ward. Zwanzig Minuten später war die Rectascension etwa 151° und die Declination 21° 30'. Von dieser Zeit an bis zur Verdeckung der Meteore durch das Tageslicht schien das Centrum der Radiation fast denselben Punkt am Himmel zu behaupten, indem es sich mit den Sternen nach Westen bewegte.

Nach allen diesen Zeugnissen darf man es demnach wohl als erwiesen ansehen: 1) *Dafs im Allgemeinen die Bahnen der Meteore scheinbar von Einem Punkte ausgingen*, und 2) *dafs dieser Punkt eine feste Lage gegen die Sterne hatte, also nicht Theil nahm an der Rotation der Erde.*

Es läfst sich daraus schliefsen: 1) *Dafs die Bahnen der Meteore ursprünglich und im Allgemeinen unter sich parallel waren, und ihre Divergenz nur auf optischer Täuschung beruhte*, und 2) *dafs die Meteore,*

wenngleich sie bis in die Atmosphäre der Erde herabgehen mochten, kosmischen Ursprungs waren.

Was die Lage des Mittelpunkts der scheinbaren Radiation betrifft, so könnte eine oberflächliche Betrachtung der mitgetheilten Angaben vielleicht zu der Ansicht führen (welche auch einige der Beobachter gehabt haben), dafs sie identisch gewesen sey mit der Lage, welche eine sogenannte Nordlichtskrone eingenommen haben würde, die bekanntlich immer in Richtung der verlängerten Neigungsnadel erscheint, als Folge der optischen Täuschung, die aus dem Parallelismus der Nordlichtssäulen mit der Inclination hervorgeht. Wirklich trifft auch der Punkt der scheinbaren Radiation der Meteore, wie er für einige Orte angegeben wird, nahe überein mit der Lage einer Nordlichtskrone daselbst; allein der nicht zu bezweifelnde Umstand, dafs dieser Punkt seine Lage gegen die Sterne unverändert behielt (was bekanntlich bei der Nordlichtskrone nicht der Fall ist) beweist, dafs das Zusammenfallen beider Punkte, wenn es wirklich stattfand, nur ein augenblickliches und zufälliges gewesen seyn konnte. Einen ferneren Beleg dazu liefert die Beobachtung des Kapitain Parker im Golf von *Mexico* unter 26° N.Br. und 85° W.L. (S. 192). Er, dem vermöge seines Standpunkts eine Nordlichtskrone ungefähr unter 50° Höhe am *südlichen* Himmel hätte erscheinen müssen, sah den Radiationspunkt der Meteore zwischen 3 und 4½ Uhr Morgens in *Nord-Osten*, anfangs in einer Höhe von etwa 45°, aber allmälig im Laufe der Beobachtung um 5° bis 10° steigend.

Wird nun gleich hiedurch ein Zusammenhang der Sternschnuppen-Erscheinung mit dem Nordlicht, welches einige Beobachter wahrgenommen haben, eben nicht wahrscheinlich, so gewinnt die erstere aus einem anderen Gesichtspunkt ungemein an Interesse, nämlich, wenn man die Lage des Radiationspunkts mit der Bewegung der Erde vergleicht.

Bekanntlich glaubte schon der verstorbene Bran-

des gefunden zu haben, dafs bei den Sternschnuppen, wiewohl sie auf den ersten Blick in allen Richtungen fortgehend vorkommen, doch diejenige Richtung vorherrsche, welche der Bewegung der Erde in ihrer Bahn entgegengesetzt sey (Annal. Bd. II S. 421); allein die Belege dafür, die er späterhin im ersten Hefte seiner »*Unterhaltungen für Freunde der Physik und Astronomie*« bekannt machte, gaben diesem Resultate doch nur eine schwache Wahrscheinlichkeit, denn von 34 berechneten Sternschnuppenbahnen lagen nur 9 in dem Octanten des Himmels, welcher die Richtung der Erde einschlofs, 4 und 7 in den beiden rechts und links angränzenden Octanten, 6 und 3 in den beiden folgenden Octanten links und rechts, 2 und 3 in den beiden wiederum anstofsenden Octanten, und endlich keine in dem der Richtung der Erde gerade gegenüberstehenden Octanten.

Bestimmter nun geht dieses Resultat aus dem amerikanischen Phänomen hervor. Eine Rechnung, die Hr. Prof. Encke aus eigenem Interesse an diesem Gegenstand unternommen, hat nämlich ergeben, dafs der Punkt der scheinbaren Radiation der Meteore nahe mit demjenigen zusammenfiel, auf welchen die Erde zur Zeit der Sichtbarkeit des Phänomens zueilte. Mit seiner gütigen Erlaubnifs kann ich hier den Lesern darüber folgendes mittheilen.

»Wenn man die Zeitangaben zusammenstellt

					Greenw. Zeit.
Hartford	$3^h \frac{1}{4}$	Länge	4^h 51',3	(Greenw.)	8^h 21'
New-Haven	4	-	4 52	-	8 52
New-York	4	-	4 56	-	8 56
Annapolis	4	-	5 7	-	9 7
Salisbury	4	-	5 21	-	9 21
Charleston	3	-	5 24	-	8 24

so scheint das Phänomen am 13. Nov. 9^h Greenw. bürgerliche Zeit sein Maximum gehabt zu haben.

Für diesen Zeitpunkt ging die Richtung der Bewe-

gang der Erde auf den Punkt im Weltraum, dessen

Gerade Aufsteigung	143° 55′
nördliche Declination	14 20 ,

nicht sehr verschieden von γ Leonis (152° 32′ und 20° 41′), und um 9^h Morgens Greenw. lag in dieser Richtung der Punkt der Erdoberfläche, dessen

westliche Länge von Greenwich	43° 20′
und nördliche Breite	14 20 war.

Für jede Stunde früher kann man die westliche Länge um 15° vermindern, für jede später um 15° vermehren. Die Breite ändert sich in einem ganzen Tage nur um 19′; hier also ganz unbeträchtlich.

Es kann vielleicht der Umstand, dafs für südlichere Breiten als die nordamerikanischen der Aufgang der Sonne und die Tageshelle dem Maximum des Phänomens näher lag, dazu dienen, um zu erklären, dafs man in einigen südlicheren Gegenden nichts oder nicht so viel gesehen hat. Räthselhaft bleibt aber doch, dafs für die hier gegebene westliche Länge auf einigen Schiffen *keine* Beobachtung angemerkt ist, wenn nicht der Himmel trübe gewesen ist, oder das Phänomen aus tellurischen Gründen erklärt werden soll. Denn schon vor der Zeit des Maximums scheint es doch beträchtlich gewesen zu seyn.« —

Es scheint demnach, als sey die Erde diesen Meteoren, welche möglicherweise ursprünglich keine oder nur eine geringe Bewegung hätten, auf ihrem Laufe um die Sonne begegnet; und da nun schon drei Mal im Novembermonat solche ungewöhnlichen Sternschnuppen-Erscheinungen beobachtet worden sind, darf man vielleicht nicht allzu gewagt die Vermuthung daran reihen, dafs die Erde in jener Jahreszeit eine Gegend des Weltraums durchwandere, welche vorzugsweise reich ist an dergleichen Meteoren. Diese Vermuthung hat wenigstens mehr Wahrscheinlichkeit als alle, welche man, zufolge der mit-

getheilten Beobachtungen, versucht seyn könnte, über die Natur der Sternschnuppen und deren Zusammenhang mit andern Meteoren aufzustellen.

(*P.*)

XVII. *Beobachtungen über die Menge des zu York innerhalb eines Jahres in verschiedenen Höhen über dem Boden aufgefangenen Regenwassers.*

(Unternommen auf Wunsch der Versammlung britischer Naturforscher zu York von den HH. William Gray und John Phillips, Secretären der *Yorkshire Philosophical Society*, mit Bemerkungen von dem letztern) [1]).

York, den Sitz dieser Beobachtungen, liegt in der Mitte von vielleicht dem einförmigsten und ausgedehntesten Thale Englands, das, von der Mündung des Tees bis zu der des Humber reichend, eine Länge von 70, und eine Breite von 15 bis 20 engl. Meilen besitzt. In diesem weiten Thale steigt kein Fleck 100 oder 150 über das Niveau von York empor, und von dem dortigen über 200 Fuſs hohen Münster übersieht man eine Fläche von 1000 engl. Quadratmeilen, auf welcher schwerlich ein Gegenstand der Natur oder Kunst ihm bis auf 100 F. an Höhe gleichkommt. Im Osten und in Westen ist das Thal von niedrigen Bergen (1500′ Höhe) begränzt.

Diese Oertlichkeit giebt dem Yorker Münster einen Werth, den viele höhere Gebäude in England entbehren; von seiner Spitze kann man den Verlauf eines Sturms, die Ablenkungen desselben an den Thalrändern, das plötzliche Sinken der Temperatur, und viele andere den Fall von Regen begleitenden Erscheinungen sehr wohl beob-

1) Auszug aus dem *Report of the third Meeting of the british Association for the advancement of Science; held at Cambridge in 1833.*

achten. Der Eigenthümlichkeit seiner geographischen Lage verdankt auch wahrscheinlich York die allgemeine Regelmäfsigkeit der Curve seiner mittleren Temperatur; denn die Abweichung der Mitteltemperatur des Tages von der des Jahres ist sehr genau proportional dem Sinus der Declination, welche die Sonne 25 Tage vor dem Tage der Beobachtung hatte. Die Mitteltemperatur des Jahres ist 48°,2 F., die des Juli 62° und des Januars 34°,5, die Regenmenge im Durchschnitt 24 Zoll; vorherrschend sind die West- und Südwestwinde, im Frühlings-Aequinoctium jedoch auch Nordostwinde häufig.

Die Beobachtungen wurden an drei verschiedenen Punkten angestellt, auf der Spitze des Münsters, auf dem Dache des Yorker Museums, und im Garten desselben. Das Museum liegt nahe westlich vom Münster, aufserhalb der Stadt, ganz frei, rings umgeben von dem dazu gehörigen Garten. Der dritte Regenmesser stand im Garten, südwestlich vom Gebäude des Museums, mitten auf einem Grasplatze. Die Entfernungen der drei Regenmesser betrug

zwischen dem auf dem Münster u. dem auf dem Museum	1100 engl. F.
- - - - Museum u. dem im Garten	136 - -

Die Höhe der drei Instrumente über dem Flufs, welcher nahe im Niveau liegt mit dem Hochwasser der Humber, betrug

auf dem Münster	241 engl. Fufs	10½ Zoll
auf dem Museum	72 - -	8 -
im Garten	29 - -	0 -

Die Regenmesser waren von der einfachsten Construction. Jeder bestand aus einem kubischen Gefäfse von starkem Zinn, angestrichen, genau 10 engl. Zoll in den Seiten haltend, und mit einem trichterförmigen Boden versehen. Dicht über diesem Trichter befand sich in einer Seitenwand des Kastens eine kurze Röhre, welche für gewöhnlich mit einem Kork verschlossen war, und dazu diente, das aufgefangene Regenwasser in eine

cylindrische, nach Kubikzollen und deren Fünfteln getheilte Flasche zu giefsen. Ein Zoll Wasserhöhe in dem Kasten wurde durch 100 Zoll in der graduirten Flasche gemessen, und folglich konnte noch $\frac{1}{1000}$ Zoll Regen sehr leicht abgelesen werden. Alle Regenmesser waren von gleichem Maafse, und bei jeder Beobachtung wurde dieselbe Flasche angewandt.

Das Instrument im Garten stand mit seinem Boden nahe im Niveau der Grasfläche, das auf dem Museum 11 Zoll über dem Mauerwerk, und das auf dem Münster, getragen von einem Pfahl, 9 Fufs über der Zinne des grofsen Thurms, der oben 70 Fufs im Quadrat hält.

1832 bis 1833.		Regenmengen innerhalb zwölf Monate.	
	Münster. Zoll.	Museum. Zoll.	Garten. Zoll.
Fbr. 4 bis Fbr. 13	0,060	0,119	0,147
20	0,010	0,010	0,008
27	0,017	0,020	0,018 1)
März 5	0,174	0,251	0,366
12	0,198	0,273	0,386
19	0,052	0,062	0,093
26	0,041	0,116	0,238 2)
April 2	0,005	0,006	0,004
9	0,701	0,756	0,855 3)
16	0,013	0,015	0,017
23	0,249	0,353	0,444
30	1,113	1,574	1,887
Mai 7	0,375	0,442	0,530
14	0,133	0,203	0,257
21	0,088	0,141	0,167
28	0,002	0,010	0,012
Juni 5	0,557	0,719	0,792
12	0,953	1,138	1,161 4)

1) Im Regenmesser auf dem Münster viele Aphodien.

2) Heftige Winde (*Gales*).

3) Senkrechter, grofstropfiger Regen ohne Wind.

4) Gewittersturm.

1832 bis 1833.		Regenmengen innerhalb zwölf Monate.	
	Münster. Zoll.	Museum. Zoll.	Garten. Zoll.
Juli 2	0,908	1,166	1,291
9	0,351	0,397	0,438
16	0,999	1,115	1,230
23	0,113	0,113	0,150
August 6	0,711	0,785	0,825
13	0,033	0,050	0,062 [1]
27	1,639	1,911	2,172 [1]
September 3	1,388	1,747	2,036
17	0,376	0,500	0,583
October 8	0,439	0,605	0,753
November 12	1,459	2,080	2,280
30	1,019	1,308	1,459
December 17	0,703	1,012	1,399
Januar 14	0,836	1,165	1,725
Februar 1	0,195 Schnee	0,279 Schnee	0,616 Schnee [2]
Im ganzen Jahr	15,910	20,461	24,401
Mit Ausnahme des Schnees im Febr. 1833	15,715	20,182	23,785

Diese unmittelbaren Ergebnisse der Beobachtung stellt nun Hr. Phillips folgendermaſsen zusammen:

1) Viele Hymenopteren im Regenmesser auf dem Münster, nicht in den beiden andern. Diese Erscheinung wurde im Sommer und Herbst häufig beobachtet.

2) Der Regenmesser im Garten gehäuft voll Schnee.

	Mitteltemper.	Regenmengen in engl. Zollen.			Regen-Verhältnisse.
		Münster.	Museum.	Garten.	
Im ganzen Jahr	48°,20	15,715	20,182	23,785	66,1 : 85,3 : 100
7 kältesten Monaten (October bis April)	40 ,8	7,089	9,725	12,079	58,6 : 80,5 : 100
7 wärmst. Monat. (Apr. bis Octob.)	55 ,5	11,146	13,669	15,666	71,2 : 87,1 : 100
5 kältest. Monat. (Nov. bis März)	39 ,3	4,569	6,414	8,110	56,2 : 79,0 : 100
5 wärmst. Monat. (Mai bis Sept.)	58 ,5	8,626	10,457	11,706	73,7 : 89,2 : 100
Winter (Dec. bis Febr.)	36 ,3	1,626	2,326	3,297	49,3 : 70,5 : 100
Frühling (März bis Mai)	47 ,6	3,144	4,202	5,256	59,8 : 80,0 : 100
Sommer (Juni bis August) . . .	60 ,8	6,264	7,414	8,121	77,1 : 92,5 : 100
Herbst (Sept. bis Nov.)	48 ,3	4,681	6,240	7,111	65,8 : 87,7 : 100

Und dann zeigt er, dafs, wenn man die Regenmenge am Boden, zu 100 angenommen, gleich u setzt, die in der Höhe aufgefangene $=o$, und den Höhenunterschied beider Orte, in englischen Fufsen ausgedrückt, $=h$, alsdann der Unterschied der Regenmenge sich einfach durch die Formel:

$$u-o=m\sqrt{h}$$

vorstellen lasse, worin m einen für dieselbe Jahreszeit und denselben Ort constanten Coëfficienten bedeutet.

Für die Yorker Beobachtungen war der Höhenunterschied zwischen den Regenmessern

auf dem Münster und am Boden $=212{,}833$, also $\sqrt{h}=14{,}5885$

- - Museum - - - $=43{,}666$, - $\sqrt{h}=6{,}6080$.

Hiedurch erhält Hr. Phillips folgende Werthe für m:

	m.	Verhältnisse der Regenmengen.	
		Beobachtet.	Berechnet.
Ganzes Jahr . . .	2,29	66,1 : 85,3 : 100	66,5 : 84,9 : 100
7 kältest. Monate	2,88	58,6 : 80,5 : 100	58,0 : 81,0 : 100
7 wärmst. -	1,97	71,2 : 87,1 : 100	71,3 : 87,0 : 100
5 kältest. -	3,06	56,2 : 79,0 : 100	55,4 : 79,8 : 100
5 wärmst. -	1,75	73,7 : 89,2 : 100	74,5 : 88,4 : 100
Winter	3,79	49,3 : 70,5 : 100	44,6 : 74,7 : 100
Frühling	2,84	59,8 : 80,0 : 100	58,6 : 81,1 : 100
Sommer	1,43	77,1 : 92,5 : 100	79,0 : 90,5 : 100
Herbst	2,19	65,8 : 87,7 : 100	68,1 : 85,4 : 100

Man sieht hieraus, dafs die Werthe der Coëfficienten sehr nach den Jahreszeiten verschieden sind. Hr. Ph. findet nun, dafs der Coëfficient für eine einzelne Jahreszeit (m') zu dem für das ganze Jahr (a) in folgender einfacher Beziehung steht:

$$m'=\frac{a}{2}\left(\frac{t}{t'}+\frac{t^2}{t'^2}\right),$$

worin t die Mitteltemperatur des ganzen Jahres, und t' die der Jahreszeit, für welche m' gelten soll.

Eine andere Relation zwischen den Coëfficienten für

einzelne Theile des Jahres erhält Hr. Ph. durch Berücksichtigung des *Feuchtigkeitszustandes* der Atmosphäre. Da er, in Ermanglung einer Angabe über den mittleren Thaupunkt (den Thermometergrad, bei welchem die Kugel des Daniell'schen Hygrometers beschlägt) für York nicht, wie üblich ist in England, den Unterschied zwischen der Mitteltemperatur und dem mittleren Thaupunkt als Maafs der relativen Feuchtigkeit anzuwenden im Stande war, so nimmt er dafür die mittleren Unterschiede zwischen den Maximis und Minimis der Temperatur, welche, nach den Beobachtungen des Herrn Cholmeley zu Brandsby (in der Nähe von York), für die einzelnen Monate des Jahres, in Fahrenheit's Graden ausgedrückt, folgende sind:

Jan.	8,0	April	16,2	Juli	19,6	Oct.	11,8
Febr.	10,1	Mai	19,7	Aug	17,7	Nov.	9,0
März	13,1	Juni	20,1	Sept.	16,0	Dec.	7,7

und setzt dann den Coëfficient für die einzelne Jahreszeit (m''):

$$m'' = a \cdot \frac{14,08}{d},$$

worin a der Coëfficient für das ganze Jahr (=2,29), und d der Unterschied zwischen den Maximis und Minimis der Temperatur in der m'' entsprechenden Jahreszeit.

Die auf diesen beiden Wegen gefundenen Werthe der Coëfficienten m' und m'', verglichen mit den mittelst der Formel $u - o = m\sqrt{h}$ direct aus den Beobachtungen gezogenen Werthen von m, zeigt nachstehende Tafel:

	t'.	m.	m'.	m''.
7 kältest. Monate	40,8	2,88	2,98	2,98
7 wärmst. -	55,5	1,97	1,83	1,86
5 kältest. -	39,2	3,06	3,16	3,36
5 wärmst. -	58,5	1,74	1,74	1,73
Winter	36,3	3,79	3,57	3,74
Frühling	47,6	2,84	2,35	2,48
Sommer	60,8	1,43	1,64	1,68
Herbst	48,3	2,19	2,30	2,63

Aus der nahen Uebereinstimmung dieser Coëfficienten hält Hr. Ph. sich zu dem Schluſs berechtigt, die Ursache des Unterschiedes in der Regenmenge am und über dem Boden liege in der Vergröſserung der Regentropfen während ihres Falls durch die im Allgemeinen feuchtere und wärmere Luftschicht zwischen den Beobachtungsorten [1]).

1) Wie annehmlich diese, übrigens nicht neue, Hypothese auch seyn mag, so fehlt doch viel, daſs sie durch die obigen Beobachtungen und Rechnungen, wie überhaupt durch alle bisherigen, erwiesen wäre. Als Bedingnisse zum Phänomen werden nämlich in der Regel dabei nur drei in Betracht gezogen: die Temperatur der zwischen den Regenmessern befindlichen Luftschicht, der Feuchtigkeitszustand derselben, und die Temperatur, mit welcher der Regen in diese Luftschicht eintritt; offenbar giebt es aber noch ein viertes Element, welches, jener Hypothese gemäſs, von groſsem Einfluſs auf die relative Menge des am Boden und in der Höhe aufgefangenen Regenwassers seyn muſs, nämlich die *Dauer* des Regens. Wenn der Regen die zwischen beiden Instrumenten befindliche Luftsäule einmal bis auf seine Temperatur herabgebracht hat, so kann begreiflichermaſsen keine fernere Vergröſserung der Tropfen in dieser Luftschicht mehr stattfinden, und von diesem Zeitpunkt ab muſs also, wie lange es auch noch, wenn nur ohne Unterbrechung, regne, im unteren und oberen Regenmesser gleich viel Wasser aufgefangen werden. Bei Verschiedenheit der Dauer des Regens und Gleichheit der drei ersten Bedingnisse hat man also zwischen den Wassermengen im untern und obern Regenmesser nicht ein constantes *Verhältniſs*, sondern einen constanten *Unterschied* zu erwarten. Um den Betrag dieses Unterschiedes roh zu schätzen, sey angenommen, die Luftsäule habe eine Höhe von 175 Fuſs (beiläufig 25000 Linien), überall die Temperatur 20° R. und befinde sich mit Wasserdampf gesättigt. Zur Vereinfachung des Problems sey auch angenommen, dieser Wasserdampf habe überall seine gröſste Dichte für 20° R. (was zwar nicht möglich ist, aber doch als ungünstigster Umstand für gegenwärtige Betrachtung anzunehmen erlaubt ist); dann wird man nicht viel irren, wenn man diese Dichte des Wasserdampfs $=\frac{1}{50000}$ der des Wassers setzt. Schlägt nun der Regen, vermöge seiner geringeren Temperatur, die Hälfte des in der 25000 Lin. hohen Luftsäule befindlichen Wasserdampfs nieder, so wird daraus eine $\frac{1}{4}$ Linie hohe Wassersäule hervorgehen, und so viel wird man also im untern Regenmesser mehr

XVIII. *Bemerkungen über die Temperatur der Ostsee. Aus einem Briefe von Alexander von Humboldt an den Herausgeber.*

— Sonderbare Zufälle eines vielbewegten Lebens haben mich die Südsee und das Caspische Meer früher als das, meiner Vaterstadt so nahe Baltische Meer beschiffen lassen. Auf zwei kleinen Fahrten, die ich neuerlich, in sehr nahen Zeitepochen, von Stettin nach Königsberg auf dem Russischen Dampfschiffe Ischora, und von Königsberg nach Danzig und Stettin auf dem Preufsischen Dampfschiffe Friedrich Wilhelm gemacht, habe ich mich ununterbrochen mit den Temperaturverhältnissen der Ostsee an der Oberfläche beschäftigt. Das Phänomen einer sonderbaren Erkältung von 9 bis 11 Grad des hunderttheiligen Thermometers ist mir sehr auffallend gewesen. Vielleicht sind andere Beobachter glücklicher, die Ursache dieser plötzlichen Erkaltung zu entdecken. Während die

als im oberen erhalten. Diefs gilt für Einen Regen. Solcher Regen wären aber 384 im Laufe des Jahres erforderlich, um am Ende desselben im untern Regenmesser einen Ueberschufs von 8 Zoll Wasser hervorzubringen. Wir müssen es den HH. Gray und Phillips anheimstellen, ob sie glauben, dafs es zu York in einem Jahre so häufig und unter so günstigen Umständen für die von ihnen vertheidigte Hypothese geregnet habe; so viel ist aber gewifs, soll anders diese Hypothese richtig seyn, dafs auf den *Unterschied* zwischen der unteren und oberen jährlichen Wassermenge die *Häufigkeit*, und auf das *Verhältnifs* derselben die *Häufigkeit* und *Dauer* des Regens von eben so entschiedenem Einflufs seyn müsse, als die Beschaffenheit der zwischen den Regenmessern befindlichen Luftsäule und die Temperatur des herabfallenden Regens. Diese Wahrheiten sind zwar nicht neu, aber bei Beobachtungen in Betreff des vorliegenden Problems noch immer so unberücksichtigt gelassen, dafs es nicht überflüssig seyn kann, sie hier wieder in Erinnerung gebracht zu haben.

P.

Luft am 24. August zwischen 21°,5 und 24°,6 von 10 Uhr Morgens bis 7 Uhr Abends war, fand ich das Meer bei Swinemünde 23°,2, gegenüber Treptow 20°,3. (Im Haff südlich von Swinemünde 18°,2.) Als wir am 25. das Vorgebirge zwischen Leba und Rixhofter umsegelten, da wo die Küste im Meridian der Insel Gotland am meisten hervortritt, fiel plötzlich das Thermometer im Seewasser bis 11°,2 und 12 ,0 herab (Luft 19°). Wir waren in demselben Abstande von der Küste, 1½ bis 3 Seemeilen, 60 auf den Grad gerechnet, geblieben, und die Beobachtungsstunden waren 10½ und 1½ Uhr Morgens und Mittags. Ich gebe diese Zeitbestimmung und die Lufttemperatur an, ob ich gleich wenig an ihren Einflufs unter den vorliegenden Verhältnissen glaube. Oestlicher von der Landzunge von Hela stieg wieder die Seetemperatur bis 22°,2 um 8 Uhr Abends. (Luft 19°,5.) Diese Wärme des Meeres erhielt sich bis Pillau und Königsberg, und am Frischen Haff bei Peise war das Meer noch 21°,8. (Luft 20°,5.) Dieselben Erscheinungen zeigten sich bei der Rückfahrt. Das Meer, das nahe bei Fahrwasser (8 Uhr Morgens bei 4 Faden Tiefe) am 3. September nur 17°,8 Wärme zeigte, um 9 Uhr im Golf von Danzig (bei 15 Faden Tiefe) 17°,5, erwärmte sich gegen Hela hin bis 21°,4 (Tiefe 17 Faden, Luft 20° bis 21°); und als wir uns dem Vorgebirge zwischen Rixthofter und Leba wieder naheten, sank allmälig die Meertemperatur erst auf 15°,4, dann auf 10°,6. (Luft 17°,5 bis 18°,0; Zeit: Mittag und 3 Uhr Nachmittags.) Der Unterschied der Meerestemperatur auf der Oberfläche war also bei der Hinreise 20°,3 — 11°,2 = 9°,1; bei der Herreise 21°,4 — 10°,6 = 10°,8. Wie wir uns Stolpe näherten, ohne dafs die Meerestiefe oder der Abstand vom Ufer verschieden waren, stieg die Meereswärme wieder auf 17° und 18°, obgleich bei hoher See, bei starkem Westwinde und bei einer bis 15° gesunkenen Lufttemperatur; gegen Rügenwalde und Swinemünde hin zeigte das

Thermometer gar 20° und 20°,4. Die Ursachen der sonderbaren Erkältung an dem Vorgebirge zwischen Leba und Rixhofter sind nicht Strömungen, bemerkbare auf der Oberfläche, nicht Untiefen. Der zunehmenden nördlichen Breite ist auch die Erscheinung nicht zuzuschreiben, da man von dem Vorgebirge bei Pillau an meist in demselben Parallelkreise gegen Osten und doch in wärmerem Wasser schifft. Die Ursache liegt vielleicht fern, jenseits des Sundes und in Bewegungen unterer Wasserschichten in obliquer Richtung nach oben, wie Erkältungen in dem Luftmeere oft ähnlichen herabkommenden Strömungen zugehören. Da nach Horner's Beobachtungen, im Ocean, unter mittleren Breiten, 100 Faden Tiefe kaum eine Erkältung von 7°,7 hervorbringen, so wird man wenig geneigt, das fragliche Phänomen Local-Ursachen im Bekken der Ostsee (die nur 15 bis 40 Faden tief ist) zuzuschreiben. Das Eindringen von Polarwassern, in tiefen Wasserschichten des Sundes, bietet sich als mögliche Ursache dar; doch auch die langsame Fortpflanzung der Wärme nach unten mufs, bei der diesjährigen hohen Sommer-Temperatur, beachtet werden. Im Genfer See hat man, wenn die Oberfläche 21°,2 war, schon in 150 Fufs Tiefe 15° Unterschied gefunden, im See von Annecy bei 14°,4 Oberfläche 8°,8 Unterschied (Pouillet, *Elem. de Phys. et de Meteorologia, T. II p.* 676). Man sieht aus den angegebenen Zahlen, wie das Maafs der Temperaturabnahme von verwickeltern Ursachen abhängt, wie die Abnahme in ruhigen Wasserschichten schneller, bei tief bewegteren langsamer ist, wenn nicht etwa Strömungen von fern her kälteres Wasser herbeiführen oder gar schief aufsteigen gegen die Ueberfläche.

Das beträchtliche Areal der Ostsee und ihre Erstreckung nach Norden üben einen grofsen Einflufs auf

die Temperaturverhältnisse des nördlichen Deutschlands aus, und geben einem Becken, einer Erdsenkung, Wichtigkeit, die man ausgetrocknet, bei ihrer geringen Tiefe, kaum bemerken würde. Rennell sagt mit Recht in seinem noch so wenig benutzten trefflichen Werke: *Investigation of the Currents of the Atlantic Ocean*, 1832, *p.* 25, dafs eingeschlossene Meere eine höhere Temperatur als unter gleichen Umständen der freie Ocean annehmen. Capitain Gautier, dem wir gleichzeitig mit Smyth die schöne Aufnahme des Mittelmeeres verdanken, fand den 3. August 1819 und 24. Juni 1820 die Oberfläche des Mittelmeers (Lat 38° 46′ bis 39° 12′) zwischen 29° und 29° $\frac{1}{2}$, das ist 3° mehr als die mittlere Temperatur des Antillischen Meeres (*Relat. hist. T. III Chap.* 29 *p.* 518), und nur 1° weniger als je mit wohl verglichenen Thermometern nahe am Aequator das Meer befunden worden ist. (*Sur la bande d'eau la plus chaude l. c. Chap.* 28 *p.* 498). Sie werden in meinen oben angeführten Beobachtungen bemerkt haben, wie mächtig die hohe Sommertemperatur der Atmosphäre dieses Jahres auf die Sommertemperatur der Ostsee gewirkt hat. Ich fand auf offnem Meere in der Ostsee bei hohem Wellenschlage (nicht bei Windstille) 22°,2, unfern Swinemünde selbst 23°,2. Als Temperatur des August- und September-Monats giebt Rennell (in seinem Atlas der Strömungen) für das Mittelmeer zwischen den Küsten von Oran, Grenada und Murcia 22° und 23°,8 als die gewöhnlichen Maxima des Jahres an, und welch ein Unterschied der umgebenden Feste! Die gewöhnliche Ostseetemperatur im freien und tiefen Meere soll im August 15° bis 17°,5 (also 6° weniger als im August 1831) seyn, während man dann, im (engeren) Sunde, bei Kopenhagen 22° bis 23°,7, und am Kattegat (unter Einwirkung des Atlantischen Oceans) kaum 16°,2 beobachtet. (Berghaus, Annal. Bd. IV S. 142.) In Danzig ist die mittlere Wärme des ganzen Sommers 16°,9, in Königsberg 15°,8, und zwar nach 18 und 21 Jahren vortrefflicher Beobachtun-

gen. Für Danzig finde ich die mittlere Lufttemperatur des Augusts in den letzten 6 Jahren 16°,7. Ist diefs ungefähr auch, wie sehr wahrscheinlich, das Medium Maximum der Ostsee, das heifst die Temperatur der Oberfläche des Meeres am Ende des August-Monats, wo das Maximum des Jahres eintritt, so erkennt man in dieser Zahl wieder den Einflufs der Beschränktheit eines fast mittelländischen Beckens. Da die Wintertemperatur der Ostsee zwischen 1°,7 und 2°,5 fällt, so ist wohl die mittlere Temperatur des Jahres in diesem Meere, zwischen 54° und 54° ½ Breite, nicht unter 9° (des hunderttheiligen Thermometers). Auch der scharfsinnige Kämtz findet für den Atlantischen Ocean, bei 54° Breite, durch Rechnung 9°,4, durch wirkliche Beobachtungen 10°,5. Für den Atlantischen Ocean nun ist der Unterschied zwischen der mittleren jährlichen Temperatur des Wassers und der Augusttemperatur (in der temperirten nördlichen Zone) etwas über 3°. (Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie, Bd. II S. 115. 118.) In der Ostsee scheint dieser Unterschied 16°,7—9°,2=7°,5 zu seyn. Im Mittelländischen Meere giebt Rennell für die Süd-Spanischen Küsten 23° ½ und 24° für Ende August und Anfang September an. Das sind wieder 8° mehr als die mittlere jährliche Temperatur des Meeres in dieser Breite, denn Neapel hat eine Lufttemperatur im Winter von 10°,3. im ganzen Jahre von 16°,8 (Breite 40° 51'); Palermo hat, bei 38° 6' Breite, Wintertemperatur 11°,3; jährliche Temperatur 17°,4. Die eingeschlossenen Meere nehmen im Sommer an der Oberfläche eine weit höhere, im Winter eine weit niedere Temperatur an als das Weltmeer, und in höheren Breiten, z. B. in der Ostsee, welche noch fern von den Küsten gefriert, wächst die relative Erniedrigung der Wintertemperatur.

Im September 1834.

XIX. *Ueber die Menge der festen Substanzen, welche der Rhein zum Meere führt.*

(Bericht von einer Vorlesung, welche Hr. Leonard Horner am 26. Febr. 1834 vor der Geologischen Gesellschaft zu London gehalten hat. — *Phil. Mag. Ser. III Vol. V p.* 211.)

Die in dieser Vorlesung beschriebenen Versuche wurden von dem Verfasser in den Monaten August und November zu Bonn angestellt. Der dazu gebrauchte Apparat bestand aus einem irdenen Krug, welcher ungefähr einen Gallon fafste; dieser war durch einen mit eingefettetem Leder bedeckten Kork verschlossen und wurde mittelst einer Schnur in den Flufs hinabgelassen. Damit er untersinken könne, war er unten mit einem Gewicht beschwert, welches an einer Schnur hing, von solcher Länge, dafs wenn das Gewicht den Grund berührte, die Mündung des Krugs sich in der gewünschten Höhe über dem Grund befand. Dann wurde der Kork durch eine Schnur abgezogen, und der Krug, so wie er sich gefüllt hatte, heraufgezogen.

Die erste Reihe von Versuchen wurde im August angestellt, 165 Fufs vom linken Ufer des Rheins entfernt, 7 F. unter der Wasserfläche oder 6 F. vom Grund. Der Rhein war damals ungewöhnlich niedrig, sein Wasser trüb und gelblich. Die Menge der festen Substanzen, die aus einem Kubikfufs Wasser durch langsame Abdampfung erhalten wurde, betrug 21,10 Gran oder ungefähr $\frac{1}{20734}$. Der Rückstand brauste stark mit verdünnter Salzsäure, war blafs gelblichbraun, sanft anzufühlen und im Ansehen nicht von dem Löfs des Rheinthals zu unterscheiden.

Die zweite Reihe von Versuchen wurde im November gemacht, mit Wasser aus der Mitte des Stroms, nur ein Fufs unterhalb der Oberfläche geschöpft. Kurz zuvor war viel Regen gefallen, und selbst während des Versuchs regnete es noch. Das Wasser war dunkler gelb

als das bei dem ersten Versuche, unterschied sich aber, in ein Glas gegossen, nicht sehr von jenem. Der Rückstand von einem Kubickfuſs wog 35 Gran oder $\frac{1}{12500}$.

Der Verfasser berechnet nun approximativ wie viel erdige Masse innerhalb 24 Stunden von dem Rhein fortgeführt werde. Er nimmt an, die mittlere jährliche Breite des Rheins zu Bonn betrage 1200 engl. Fuſs, die mittlere Tiefe 15 engl. Fuſs, die mittlere Geschwindigkeit $2\frac{1}{2}$ engl. Meilen in der Stunde, und die in Schwebung erhaltene feste Substanz durchschnittlich 28 Gran auf einen engl. Kubikfuſs. Aus diesen Datis folgert er, daſs in jeden 24 Stunden 145,981 engl. Kubikfuſs fester Substanzen vor Bonn vorbeigeführt werden.

XX. *Ueber die Figur des Gleichgewichts; von Prof. Dr. C. G. J. Jacobi.*

Die Frage nach der Figur der Erde hat die Untersuchung veranlaſst, welche Figur eine flüssige homogene Masse, deren Theilchen zu einander nach dem Newton'schen Gesetz gravitiren, und welche sich um eine feste Axe gleichförmig dreht, annehmen müsse, um im Gleichgewicht zu bleiben. Man nennt solche Figur wohl schlechthin eine Figur des Gleichgewichts. Man fand bald, sie könne eine Fläche der zweiten Ordnung seyn, und zwar solche, die durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entsteht, ein rundes, plattes Ellipsoid. Dieſs haben schon Clairaut und Maclaurin bewiesen. Die Ellipse, die man fand, war immer sehr wenig excentrisch oder das Ellipsoid kam der Sphäre sehr nahe. Aber d'Alembert machte die wichtige Bemerkung, daſs die transcendente Gleichung, von der die Excentricität der Ellipse abhängt, immer noch eine Lösung hat, die in der Regel eine groſse Excentricität oder ein sehr plattes Sphäroid giebt; und la Place zeigte, wie d'Alembert vermu-

thet hatte, diefs seyen die einzigen Lösungen. Es wird übrigens hierbei vorausgesetzt, dafs die Rotationsgeschwindigkeit eine gewisse Gränze nicht überschreite; in dieser Gränze fallen beide Lösungen zusammen. Ueberschritte die Rotationsgeschwindigkeit diese Gränze, so würde man auf imaginäre Gröfsen kommen.

Die erste dieser Lösungen, die das wenig abgeplattete Umdrehungsellipsoid giebt, hat durch Legendre's bewundernswürdige Arbeiten über die Figur der Erde eine gröfsere Bedeutung erlangt. Dieser Mann, dessen Ruhm mit den Fortschritten der Mathematik zunimmt, hatte durch Einführung jener merkwürdigen Ausdrücke, durch welche wir heut in den Anwendungen die Functionen zweier Variabeln darstellen, die allgemeinsten Untersuchungen über diesen Gegenstand möglich gemacht. Er zeigte, dafs unter allen Figuren, die nicht zu sehr von der sphärischen Gestalt abweichen, so dafs es möglich ist, die Anziehung, welche auf einen Punkt der Oberfläche ausgeübt wird, nach den Potenzen dieser Abweichung zu entwickeln, das wenig abgeplattete Umdrehungsellipsoid, wie es Clairaut und Maclaurin bestimmt hatten, die einzig mögliche Figur des Gleichgewichts sey, und zwar nicht in irgend einer Annäherung, sondern in absoluter, geometrischer Strenge. Wenn man bedenkt, dafs man hier aus Relationen zwischen dreifachen Integralen, deren Gränzen unbekannt sind und welche Constanten enthalten, zwischen denen eine unbekannte Relation stattfindet, die Gleichung zwischen den drei Variabeln zu suchen hat, welche die Gränzen giebt und zugleich die unbekannte Relation zwischen den Constanten bestimmt, so staunt man über die Kühnheit und das Glück dieses Unternehmens. Es ist zu bedauern, dafs der Autor der *Mécanique céleste* es nicht für zweckmäfsig fand, das merkwürdige Theorem in sein weitschichtiges Werk aufzunehmen.

Wie wesentlich die Bedingung ist, dafs die Anzie-

hung nach den Potenzen der Abweichung von der Kugelgestalt würden entwickelt werden können, oder wenigstens entwickelt gedacht werden, erhellt daraus, daſs die Legendre'sche Analysis das zweite sehr platte, von d'Alembert zuerst bemerkte Umdrehungsellipsoid nicht giebt. Aber man ist in einem sehr groben Irrthum gewesen, wenn man geglaubt hat, diese beiden Umdrehungsellipsoide seyen, wenigstens unter Flächen zweiter Ordnung, die einzigen Figuren des Gleichgewichts. In der That zeigt eine leichte Aufmerksamkeit, daſs *Ellipsoide mit drei ungleichen Axen eben so gut Figuren des Gleichgewichts seyn können; daſs man zum Aequator eine ganz beliebige Ellipse annehmen kann, und dann immer die dritte Hauptaxe, die Umdrehungsaxe, welche auch hier die kleinste der drei Axen ist, und die Rotationsgeschwindigkeit so bestimmen kann, daſs das Ellipsoid eine Figur des Gleichgewichts wird.*

Nennt man m, n die halben Hauptachsen des Aequators, p die halbe Umdrehungsaxe, so hat man, wenn man der Kürze halber

$$\nabla = \sqrt{\left(1+\frac{x}{mm}\right)\left(1+\frac{x}{nn}\right)\left(1+\frac{x}{pp}\right)}$$

setzt, folgende transcendente Relation zwischen den drei Hauptaxen,

$$\int_0^\infty \frac{dx}{\left(1+\frac{x}{mm}\right)\left(1+\frac{x}{nn}\right)\nabla} = \int_0^\infty \frac{dx}{\left(1+\frac{x}{pp}\right)\nabla},$$

welche alle ungleichaxigen Ellipsoide umfaſst, die Figuren des Gleichgewichts seyn können. Die zu jedem dieser Ellipsoide zugehörige Rotationsgeschwindigkeit ρ bestimmt sich durch die Gleichung:

$$\rho^2 = 2\pi \int_0^\infty \frac{x\,dx}{(x+mm)(x+nn)\nabla}.$$

Nimmt man m und n beliebig an, so giebt die erste

Gleichung immer einen reellen Werth für p, welcher immer von der Art ist, dafs:

$$\frac{1}{pp} > \frac{1}{mm} + \frac{1}{nn}.$$

Man sieht hieraus, dafs ein ungleichaxiges Ellipsoid, wenn es Figur des Gleichgewichts seyn soll, immer sehr von der Kugelform abweicht, was mit dem Legendre'schen Theorem übereinstimmt, welches lehrt, dafs, wenn es aufser dem wenig abgeplatteten Umdrehungsellipsoid noch Figuren des Gleichgewichts giebt, diese sehr von der Kugelform abweichen müssen.

Da zum Aequator eine beliebige Ellipse angenommen werden kann, so kann man nach dem Fall fragen, wo für diese Ellipse ein Kreis angenommen würde. Für diesen Fall findet man jene oben erwähnte Gränze der Rotationsgeschwindigkeit, und unsere Figur des Gleichgewichts fällt mit den beiden bekannten zusammen.

Die beiden aufgestellten Formeln leiten sich ohne weitere Rechnung aus den bekannten ab, daher es hinreicht, sie hin zu schreiben. Unter den beiden Gleichungen, welche das Gleichgewicht erfordert, hat die eine, welche die nöthige Relation zwischen den drei Hauptaxen ausdrückt, die Form:

$$\varphi(m, n, p) = \varphi(n, m, p),$$

die, wie man augenblicklich sieht, erfüllt wird, wenn man $m = n$ setzt. Indem man nun in der zweiten Gleichung, welche die Rotationsgeschwindigkeit giebt, $m = n$ setzte, erhielt man die bekannten Umdrehungsellipsoide. Aber nachdem diese längst auf das genauste erörtert sind, durfte man fragen, ob denn jene Gleichung nothwendig erfordere, dafs $m = n$ gesetzt werde; ob nicht auch der Gleichung:

$$\frac{\varphi(m, n, p) - \varphi(n, m, p)}{m - n} = 0$$

durch reelle Werthe von m und n Genüge geschehen könne. Diese ist aber keine andere als die erste der

angegebenen Gleichungen, welche in der That eine Klasse reeller ungleichaxiger Ellipsoide giebt, welche Figuren des Gleichgewichts seyn können.

Ich will noch eines anderen merkwürdigen Umstandes bei der Attraction der Ellipsoide erwähnen. Die ersten Analysten, die sich mit der Attraction homogener Ellipsoide beschäftigten, suchten diese endlich zu finden, natürlich vergeblich, da sie von elliptischen Integralen abhängt. Laplace erzählt bei dieser Gelegenheit, er habe sich einen Beweis gemacht, dafs diese Integrale sich nicht endlich, d. h. durch Kreisbogen und Logarithmen ausdrücken lassen, was interessant genug ist. Wenn man das Ellipsoid nicht homogen annimmt, sondern nur aus homogenen, concentrischen, ähnlichen und ähnlich liegenden Schichten bestehen läfst, deren Dichtigkeit sich von einer Schicht zur andern ändert, so dafs etwa, wie man öfters angenommen, die Dichtigkeit der auf demselben Durchmesser befindlichen Elemente der Entfernung vom Mittelpunkt umgekehrt proportional ist, oder durch irgend sonst eine rationale ungerade Function dieser Entfernung ausgedrückt wird, so läfst sich in der That die Anziehung, welche das Ellipsoid auf irgend einen äufseren oder inneren Punkt ausübt, endlich d. h. durch Kreisbogen und Logarithmen ausdrücken.

Potsdam, den 4. October 1834.

XXI. *Ueber die Linien im prismatischen Spectrum.*

Bereits zu zweien Malen war in diesen Annalen (Bd. XXXII S. 128, Bd. XXVIII S. 385 und 386) von der merkwürdigen Entdeckung Brewster's über die Linien im Spectro des durch ein farbiges Gas gegangenen Lichtes die Rede. Gegenwärtig können wir noch folgendes Detail mittheilen.

Als Sir Brewster Lampenlicht, welches durch eine dünne Schicht salpetrigsauren Gases von strohgelber Farbe gegangen war, mit einem kleinen Bergkrystallprisma von ungefähr 78° untersuchte, bemerkte er zu seinem Erstaunen in dem Spectrum mehre hundert Linien, viel deutlicher als im Sonnenspectrum. Diese Linien waren schärfer und dunkler im Violett und im Blau, blässer im Grün, und ungemein schwach im Gelb und im Roth. Durch Vergröfserung der Dichte der Gasschicht, wurden die Linien immer deutlicher im Gelb und Roth, und breiter im Blau und Violett. Es hielt schwer eine so dichte Gasschicht zu erhalten, dafs Linien im äufsersten Roth auftraten; allein Hr. B. fand, dafs sich das Absorptionsvermögen eben so gut durch die Farbe als durch Vermehrung der Dichte entfalten lasse; denn als er eine Röhre, welche einen halben Kubikzoll Gas enthielt, in eine hohe Temperatur versetzte, wurde jede Linie in den rothen Strahlen sehr deutlich.

Es ist ein überraschendes Resultat, dafs man ein Gas, ohne es zu zersetzen, durch Erwärmung so roth wie Blut machen kann. Es gelang Hrn. B. sogar dasselbe so schwarz zu erhalten, dafs es für alle Lichtstrahlen undurchsichtig war [1]). Der Versuch erfordert indefs viel Vorsicht, da dabei die Röhre oft zerspringt.

Hr. B. hat gleichfalls mit ängstlicher Sorgfalt beobachtet, welche Linien zu verschiedenen Zeiten im Jahre im Sonnenspectrum fehlen; allein dabei gefunden, dafs diese Wirkung von der geringen Höhe der Sonne über dem Horizont und von der absorbirenden Wirkung der Atmosphäre herrührt. Die meisten Linien, welche durch die Atmosphäre hervorgerufen werden, sind schwach schon im Spectrum vorhanden (*L'Institut*, *No.* 61 *p.* 226).

1) Diefs erinnert an das Verhalten der flüssigen salpetrigen Säure, die bekanntlich beim Erkalten immer mehr von ihrer rothen Farbe verliert und bei —20° C. ganz farblos wird. *P.*

XXII. *Ueber das wasserfreie schweflichtsaure Ammoniak;*

von Heinrich Rose[1])

Die grofse Verschiedenheit, welche in den Eigenschaften des gewöhnlichen wasserhaltigen schwefelsauren Ammoniaks und des wasserfreien stattfindet, veranlafste mich, die Verbindungen mehrerer wasserfreier Sauerstoffsäuren mit trocknem Ammoniak zu untersuchen. Von diesen zeigte das wasserfreie schweflichtsaure Ammoniak die auffallendsten Erscheinungen.

Des wasserfreien schwefelsauren Ammoniaks ist zuerst von Döbereiner [2]) Erwähnung gethan worden, der indessen von ihm weiter nichts bemerkt, als dafs es eine hellbraune starre Masse bildet, die sich durch die kleinste Menge von Wasser in farbloses schweflichtsaures Ammoniak verwandelt.

Ich erhielt durch Zusammenbringung der beiden Gase im wasserfreien Zustand immer nur eine schmierige Masse von gelblichrother Farbe, die sich, wenn Ammoniakgas im Uebermafs angewandt wurde, besonders bei einiger Erkältung, als sternförmige Krystalle von rother Farbe an die Wände des Gefäfses ansetzte.

Diese Krystalle haben, obgleich ein Ueberschufs des Ammoniakgases bei der Erzeugung derselben angewandt wurde, die Zusammensetzung des neutralen schweflichtsauren Ammoniaks; es bildet sich dadurch kein basisches Salz; denn bringt man ein Volum vom schweflichtsauren Gase über Quecksilber mit einem grofsen Uebermaafse von Ammoniakgas zusammen, so werden dadurch nur 2

1) Gelesen in der Academie der Wissenschaften am 26. Juni 1834.

2) Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik, Bd. XVII S. 120.

Volume dieses Gases absorbirt; selbst in vielen Fällen wurden diese nicht vollständig, sondern weniger vom Ammoniakgas absorbirt, wenn auch beide Gase lange mit einander in Berührung waren. — Dagegen verbinden sich beide Gase, wenn das schweflichtsaure Gas im grofsen Ueberschufs vorhanden ist, zu gleichen Volumen, und bilden dann eine saure Verbindung, wie diefs aus folgenden Versuchen hervorgeht:

1) 28	Vol. Ammoniakg. verband. sich mit	26	Vol. schweflichts. Gase
2) 28	- - -	25,4	- - -
3) 19	- - -	18,5	- - -
4) 20,4	- - -	19,2	- - -
5) 17,6	- - -	15,6	- - -
6) 16,8	- - -	16,7	- - -

Der Luft ausgesetzt, wird die krystallinische Masse durch Aufnahme von Wasser weifs und zerfliefst endlich. Sie zieht überhaupt so leicht Feuchtigkeit an, dafs sie selbst in Gläsern mit ziemlich gut eingeschliffenen Glasstöpseln nach einigen Tagen anfängt weifs zu werden. Es gelang mir nur, sie auf die Weise unverändert und mit ihrer eigenthümlichen Farbe zu erhalten, dafs ich entweder das Gefäfs mit der Mündung unter Quecksilber aufbewahrte, oder den Glasstöpsel mit einem harzigen Ueberzug verkittete.

Die Masse löst sich mit der gröfsten Leichtigkeit in Wasser auf, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Im Anfang hat gewöhnlich die Auflösung eine blafs gelbliche Farbe, die sich indessen von selbst verliert. Die Auflösung der Substanz, wenn zu derselben ein Uebermaafs von Ammoniak angewandt wurde, röthet, frisch bereitet, nicht das Lackmuspapier; diefs ist indessen der Fall, wenn sie längere Zeit in verschlossenen Gefäfsen aufbewahrt wird. Nach sehr langer Zeit setzt sich aus der Auflösung etwas Schwefel ab. Wird das trockne Salz in nicht sehr gut verschlossenen Gläsern sehr lange (einige Jahre) aufbewahrt, so hinterläfst es bei der Auflösung in Wasser Schwefel ungelöst.

Die frisch bereitete Auflösung der Substanz verhält sich zwar gegen einige Reagentien bei flüchtiger Prüfung wie eine Auflösung des gewöhnlichen wasserhaltigen schweflichtsauren Ammoniaks, gegen die meisten indessen ist das Verhalten sehr verschieden davon. Die an der Luft zerflossene Masse verhält sich gegen Reagentien wie die frisch bereitete Auflösung.

Wird die frisch bereitete Auflösung des wasserfreien Salzes mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, so bemerkt man bei einer gewissen Concentration der Auflösung eine röthliche Färbung; es entwickelt sich aus der Flüssigkeit ein starker Geruch nach schweflichter Säure, ohne dafs sich eine Spur von Schwefel absondert, selbst wenn sie viele Tage aufbewahrt wird.

Wird indessen die Auflösung des wasserfreien Salzes nach dem Zusatze von Chlorwasserstoffsäure gekocht, so bildet sich bald, aufser der Entbindung der schweflichten Säure ein Absatz von Schwefel, und die Zersetzung der Auflösung vermittelst Chlorwasserstoffsäure findet eben so statt, als wenn sie ein unterschweflichtsaures Salz enthielte. — In der über dem Schwefel stehenden Flüssigkeit bringt die Auflösung eines Baryterdesalzes einen starken Niederschlag hervor, der von vielem Wasser und von Säuren nicht aufgelöst wird, und daher aus schwefelsaurer Baryterde besteht.

Bei Erhitzung der Auflösung des wasserfreien schwefelsauren Ammoniaks mit Chlorwasserstoffsäure zerfällt die schweflichte Säure in derselben nach diesem Versuche also in unterschweflichte Säure, die in der sauren Auflösung dann ferner auf die bekannte Weise zersetzt wird, und in Schwefelsäure. — Behandelt man die Auflösung des gewöhnlichen wasserhaltigen schweflichtsauren Ammoniaks mit Chlorwasserstoffsäure in der Wärme, so kann man bekanntlich alle schweflichte Säure daraus vertreiben, und dasselbe in Chlorwasserstoff-Ammoniak verwandeln, ohne dafs sich Schwefel absondert.

Wird die frisch bereitete Auflösung des wasserfreien Salzes gekocht, läfst man sie darauf vollständig erkalten und setzt dann Chlorwasserstoffsäure hinzu, so entwikkelt sich zwar sogleich schweflichte Säure, ohne dafs indessen Schwefel fällt.

Was durch Vermittlung der Chlorwasserstoffsäure in der frisch bereiteten Auflösung des wasserfreien Salzes in der Wärme geschieht, findet schon in der Kälte statt, wenn die Auflösung in verschlossenen Gefäfsen längere Zeit aufbewahrt worden ist. Dann ist die schweflichte Säure von selbst schon durch die Zeit in unterschweflichte Säure und in Schwefelsäure verwandelt worden, und Chlorwasserstoffsäure bringt in der Auflösung in der Kälte nach einigen Augenblicken einen Absatz von Schwefel und einen Geruch von schweflichter Säure hervor, wie in der Auflösung eines unterschweflichtsauren Salzes, und in der Flüssigkeit findet man Schwefelsäure.

Ist indessen bei der Bereitung des wasserfreien Salzes ein Ueberschufs von schweflichter Säure angewandt worden, so entwickelt die Auflösung mit Chlorwasserstoffsäure nur einen Geruch nach schweflichter Säure, ohne auch nach längerer Zeit durch's Kochen einen Absatz von Schwefel fallen zu lassen. Sie verhält sich also gegen Chlorwasserstoffsäure wie das gewöhnliche wasserhaltige schweflichtsaure Ammoniak; gegen alle andere Reagentien verhält sie sich indessen wie die eines Salzes, bei dessen Bereitung ein Ueberschufs von Ammoniakgas angewandt wurde.

Wird zu der sehr verdünnten frisch bereiteten Auflösung des wasserfreien Salzes concentrirte Schwefelsäure gesetzt, so zeigt sich blofs ein Geruch nach schweflichter Säure, und kein Schwefelabsatz, selbst wenn die Flüssigkeit lange aufbewahrt wird. Setzt man hingegen concentrirte Schwefelsäure zu einer mehr concentrirten frisch bereiteten Auflösung des Salzes, so entsteht nach einigen

Augenblicken neben der Entbindung der schweflichten Säure ein Absatz von Schwefel.

Durch selenichte Säure entsteht in der frisch bereiteten Auflösung des Salzes in der Kälte nach einiger Zeit der bekannte zinnoberrothe Niederschlag von reducirtem Selen, gerade so wie derselbe sich zeigt, wenn man selenichte Säure mit einer Auflösung des gewöhnlichen wasserhaltigen schwefelsauren Ammoniaks vermischt. — Hat man indessen die Auflösung des wasserfreien Salzes einige Wochen aufbewahrt, so wird aus ihr, nach Hinzufügung von selenichter Säure, nur eine Spur von Selen, mit Schwefel vermischt, ausgeschieden, wie es der Fall ist, wenn die Auflösung eines unterschweflichtsauren Salzes mit selenichter Säure versetzt wird. Die Spur des ausgeschiedenen schwefelhaltigen Selens vermehrt sich durch's Kochen. Fügt man dann aber Chlorwasserstoffsäure hinzu, so erzeugt sich eine starke Fällung von schwefelhaltigem Selen, wie sie unter gleichen Umständen durch die Auflösungen der unterschweflichtsauren Alkalien hervorgebracht wird.

Fügt man zu der Auflösung des wasserfreien Salzes eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, so zeigen sich alle Erscheinungen, welche dieses Reagenz in den Auflösungen unterschweflichtsaurer Salze hervorbringt, und sie zeigen sich nicht nur in Auflösungen des Salzes, die längere Zeit aufbewahrt worden sind, sondern auch in frisch bereiteten. Es entsteht zuerst ein weifser Niederschlag, der durch's Umschütteln verschwindet, wenn man nur sehr wenig des Silberoxydsalzes zu der Auflösung gesetzt hat. Bleibt der weifse Niederschlag durch weiteres Hinzufügen des Reagenses, so wird er sehr bald gelb, braun, und endlich, besonders schnell durch's Kochen, schwarz, und besteht dann aus Schwefelsilber. — Ich brauche wohl kaum darauf aufmerksam zu machen, dafs die Auflösung des gewöhnlichen wasserhaltigen schweflicht-

sauren Ammoniaks mit salpetersaurem Silberoxyd zwar auch einen weifsen Niederschlag bilden kann, der in einem Uebermaafse des schweflichtsauren Salzes leicht auflöslich ist, der aber durch längeres Stehen, schneller durch Kochen, sich leicht in metallisches Silber verwandelt, das oft als eine blanke silberweifse Haut die Wände des Gefäfses überzieht, keinen Schwefel enthält und nicht entfernt dem Niederschlage des Schwefelsilbers ähnlich ist, der in der Auflösung des wasserfreien Salzes durch Silberoxydauflösung gebildet wird.

Auch die Auflösung des Quecksilberchlorids bringt selbst in der frisch bereiteten Auflösung des Salzes Erscheinungen wie in Auflösungen eines unterschweflichtsauren Salzes hervor. Durch ein Uebermaafs des Quecksilberchlorids wird ein weifser Niederschlag hervorgebracht; durch ein Uebermaafs der Auflösung des wasserfreien Salzes wird er schwarz und verwandelt sich in Schwefelquecksilber [1]). — Die Auflösung des gewöhnlichen

1) Herschel giebt das Verhalten der unterschweflichtsauren Salze gegen Quecksilberchlorid und gegen salpetersaures Quecksilberoxyd nicht ganz richtig an. Nach ihm enthält der Niederschlag, der in Quecksilberchloridauflösung entsteht, Quecksilberchlorür, unterschweflichtsaures Quecksilberoxyd und Schwefel, während Schwefelsäure gebildet wird (*The Edinburgh Philosophical Journal, Vol. I p.* 28). Das unterschweflichtsaure Quecksilberoxyd existirt indessen nicht, oder nur im ersten Augenblicke seiner Entstehung. Setzt man eine geringe Menge einer Auflösung von Quecksilberchlorid oder von salpetersaurem Quecksilberoxyd zu einem Ueberschufs einer Auflösung eines unterschweflichtsauren Salzes, so entsteht zwar ein weifser Niederschlag, der indessen sogleich gelb, braun, und endlich durch längeres Stehen, oder schneller durch's Kochen, schwarz wird. Ist die Auflösung des unterschweflichtsauren Salzes in einem grofsen Ueberschufs vorhanden, so löst sich der weifse Niederschlag durch's Umschütteln sogleich auf. — Der entstandene schwarze Niederschlag ist Schwefelquecksilber; die über demselben stehende Flüssigkeit enthält Schwefelsäure.

Vermischt man hingegen einen grofsen Ueberschufs einer Auflösung von Quecksilberchlorid oder von salpetersaurem Queck-

wasserhaltigen schwefelsauren Ammoniaks bringt in Quecksilberchloridauflösungen keine Veränderung hervor.

Die Auflösung des wasserfreien schweflichtsauren Ammoniaks zeigt sich auch hinsichtlich ihres Verhaltens gegen Kupferoxydsalze sehr verschieden von der des wasserhaltigen Salzes. In der Kälte bringt eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd in ersterer keinen Niederschlag hervor; durch's Kochen wird sogleich, wie durch ein unterschweflichtsaures Salz schwarzes Schwefelkupfer abgeschieden. — Bekanntlich wird in der Auflösung vom gewöhnlichen wasserhaltigen schweflichtsauren Ammoniak schon in der Kälte durch eine Auflösung von schwefel-

silberoxyd mit einer geringen Menge von der Auflösung eines unterschweflichtsauren Salzes, so entsteht sogleich ein weifser Niederschlag, der lange in der Flüssigkeit suspendirt bleibt, und weder durch langes Stehen, noch durch's Kochen seine weifse Farbe verändert. Er besteht aus einer unlöslichen Verbindung von Schwefelsilber mit Quecksilberoxyd, die von ihm getrennte Flüssigkeit enthält Schwefelsäure. Der schwarze Niederschlag des Schwefelquecksilbers, wenn er mit einer Auflösung von Quecksilberchlorid oder von salpetersaurem Quecksilberoxyd geschüttelt wird, wird wiederum weifs, indem sich die erwähnte Verbindung bildet; es zeigen sich überhaupt alle die Erscheinungen, die durch Behandlung einer Quecksilberoxyd- oder Quecksilberchlorid-Auflösung mit Schwefelwasserstoff oder mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak erfolgen (diese Annalen, Bd. XIII S. 19).

Eine Auflösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul bringt in den Auflösungen der unterschweflichtsauren Salze sogleich einen schwarzen Niederschlag von Schwefelquecksilber im Minimum von Schwefel hervor, sowohl wenn erstere, als auch wenn letztere Auflösung im Uebermaafs vorhanden ist; in der Auflösung ist dann Schwefelsäure enthalten.

In Kupferoxyd- oder Kupferchlorid-Auflösungen wird durch's Kochen mit Auflösungen von unterschweflichtsauren Salzen ein schwarzer Niederschlag von Schwefelkupfer erzeugt; die über demselben stehende Flüssigkeit enthält Schwefelsäure.

saurem Kupferoxyd ein voluminöser hellbrauner kupferoxydulhaltiger Niederschlag erzeugt.

Eine Auflösung von Chlorbaryum bewirkt auch in der frisch bereiteten Auflösung des wasserfreien Salzes eine weifse Fällung, die in vielem Wasser und in Chlorwasserstoffsäure nicht aufgelöst wird, und daher aus schwefelsaurer Baryterde besteht. In der abfiltrirten Flüssigkeit bringt Chlorwasserstoffsäure besonders durch's Kochen unter Entwicklung von schweflichter Säure einen Absatz von Schwefel hervor.

Kalihydrat entwickelt schon in der Kälte aus der frisch bereiteten Auflösung des wasserfreien Salzes einen Geruch nach Ammoniak, der noch weit bedeutender ist, wenn die Flüssigkeit erwärmt wird. Uebersättigt man diese heifse Auflösung durch Chlorwasserstoffsäure, so fällt aus ihr nach einiger Zeit Schwefel, und es entwickelt sich schweflichte Säure. Hat man indessen die frisch bereitete, aber nicht zu concentrirte Auflösung des wasserfreien Salzes mit einem Ueberschufs von Kalihydrat so lange gekocht, bis kein Ammoniakgeruch sich mehr zeigt, läfst dann aber die Flüssigkeit vollständig erkalten, so entwikkelt sie durch Uebersättigung mit Chlorwasserstoffsäure nur schweflichte Säure, ohne Schwefel fallen zu lassen.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dafs die schweflichte Säure im wasserfreien Ammoniaksalze sich von der schweflichten Säure sowohl im wasserhaltigen Ammoniaksalze als auch in allen andern schweflichtsauren Salzen wesentlich dadurch unterscheidet, dafs sie sich in der Auflösung im Wasser langsam durch die Länge der Zeit, schnell aber durch Einwirkung von gewissen Reagentien in Schwefelsäure und in unterschweflichte Säure zersetzt, was bei der gewöhnlichen schweflichten Säure in den Auflösungen ihrer Verbindungen bekanntlich nicht der Fall ist. Dieses Zerfallen findet durch Chlorwasserstoffsäure erst bei erhöhter Temperatur statt, durch die Auflösungen von Metallsalzen, deren Metalle keine grofse

Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, so wie auch durch Chlorbaryum schon in der Kälte.

Die genannten Metallsalze bewirken indessen in der frisch bereiteten Auflösung des wasserfreien Ammoniaksalzes nicht sogleich eine ganz vollständige Zerlegung der schweflichten Säure in Schwefelsäure und in unterschweflichte Säure. Ich habe das Schwefelsilber analysirt, welches ich durch's Kochen der frisch bereiteten Auflösung mit salpetersaurem Silberoxyd erhalten hatte. Ich fand es reicher an Silber als das gewöhnliche Schwefelsilber, ein Beweis, dafs bei dem Versuche ein Theil der schweflichten Säure im wasserfreien Salze sich noch nicht in Schwefelsäure und in unterschweflichte Säure verwandelt hatte, sondern wie gewöhnliche schweflichte Säure metallisches Silber aus dem Silberoxydsalze ausschied, das, mit dem Schwefelsilber gemengt, gefällt wurde.

Es scheint als wenn nur die schweflichte Säure im wasserfreien Salze eine isomerische Modification der gewöhnlichen schweflichten Säure sey, und dafs es nicht das ganze wasserfreie Salz sey, dessen Auflösung mit der des wasserhaltigen Ammoniaks als isomerisch zu betrachten sey. Diefs scheint wenigstens aus dem oben angeführten Verhalten der frisch bereiteten Auflösung des wasserfreien Ammoniaksalzes gegen Kalihydrat hervorzugehen; denn offenbar tritt nach Austreibung des Ammoniaks die schweflichte Säure in ihrer isomerischen Modification an das Kali, und die Auflösung des entstandenen Kalisalzes verhält sich, aber nur in einer nicht zu concentrirten Auflösung, gegen Chlorwasserstoffsäure in der Kälte und in der Wärme, wie die des wasserfreien Ammoniaksalzes in einer frisch bereiteten Auflösung.

Das wasserfreie schweflichtsaure Ammoniak zeigt also im Vergleich zum wasserhaltigen schweflichtsauren Ammoniak ein anderes Verhalten als das wasserfreie schwefelsaure Ammoniak zum gewöhnlichen wasserhaltigen.

Diese Verschiedenheit zeigt sich auch in anderer Hin-

sicht auffallend. Das wasserfreie schwefelsaure Ammoniak kann mit Beibehaltung seiner Eigenschaften und Zusammensetzung aus seiner Auflösung durch Krystallisation gewonnen werden; dampft man aber die Auflösung des wasserfreien schweflichtsauren Ammoniaks bei Vermeidung aller Wärme im luftleeren Raum über Schwefelsäure ab, so bekommt man ein Haufwerk von Krystallen, die aus einer Mengung von gewöhnlichen schwefelsaurem und von unterschweflichtsaurem Ammoniak bestehen. Es ist schwer die Krystalle beider Salze durch Krystallisation von einander zu trennen; läſst man indessen die Auflösung einer ziemlich bedeutenden Menge des wasserfreien Salzes krystallisiren, so erhält man sehr deutliche Krystalle von wasserhaltigen schwefelsauren Ammoniak von der bekannten prismatischen Form, während das unterschweflichtsaure Ammoniak mehr aufgelöst in der Mutterlauge bleibt und Rinden bildet, bei denen man die Krystallgestalt unmöglich bestimmen kann. Reinigt man die Krystalle des schwefelsauren Ammoniaks mechanisch vom unterschweflichtsauren Salze, so kann man es dahin bringen, daſs die Auflösung derselben mit Quecksilberchlorid-Auflösung im Uebermaaſs keinen Niederschlag, und mit Silberoxydauflösung nach längerer Zeit nur eine braune Färbung und keine Fällung von Schwefelsilber hervorbringt; die Rinden und die Mutterlauge hingegen zeigen aufgelöst die Eigenschaften der unterschweflichtsauren Salze im hohen Grade. Bei sehr kleinen Quantitäten der Substanz kann eine Trennung der Krystalle beider Salze indessen nur sehr unvollkommen bewirkt werden.

Wird die Auflösung des wasserfreien Salzes mit einem Ueberschuſs von Kalihydrat zerlegt, concentrirt man darauf die Auflösung durch's Abdampfen bei geringer Hitze, ohne sie zum Kochen zu bringen, so sondert sich, bei einem gewissen Grade der Concentration, plötzlich eine bedeutende Menge eines Krystallmehls ab, das, wenn man

es mit kaltem Wasser abwäscht, aus schwefelsaurem Kali besteht, das ein wenig mit unterschweflichtsaurem Kali verunreinigt ist. Reinigt man das Krystallmehl durch Umkrystallisiren, so kann man es in die schönsten und reinsten Krystalle des schwefelsauren Kalis verwandeln, die keine Spur des unterschweflichtsauren Salzes enthalten, welches ganz in der Mutterlauge enthalten ist.

Denselben Erfolg erhält man auch, wenn man die frisch bereitete, mit einem Ueberschufs von Kalihydrat versetzte Auflösung des wasserfreien Ammoniaksalzes in der Kälte ohne Anwendung aller Wärme über Schwefelsäure im luftleeren Raume abdampft. Auch in diesem Falle scheidet sich bei einer gewissen Concentration schwefelsaures Kali ab, während das unterschweflichtsaure Salz gröfstentheils noch aufgelöst bleibt.

Wenn die schweflichte Säure im wasserfreien Ammoniaksalze in Schwefelsäure und in unterschweflichte Säure zerfällt, so mufs in der entstandenen Schwefelsäure und in der unterschweflichten Säure gleich viel Schwefel enthalten seyn, oder wenn man die Auflösung des Salzes durch salpetersaures Silberoxyd zersetzt, so mufs die entstandene Schwefelsäure dreimal so viel Schwefel als das Schwefelsilber enthalten. Mehrere analytische Versuche, die ich darüber anstellte, gaben den Schwefelgehalt im Schwefelsilber ziemlich bedeutend kleiner aus dem Grunde an, weil, wie schon oben bemerkt worden, ein Theil der schweflichten Säure metallisches Silber aus dem Silbersalze fällt, und sich dadurch in Schwefelsäure verwandelt.

Da man nach einer gewissen Vorstellungsweise die unterschweflichte Säure sich aus Schwefel und schweflichter Säure, so wie die Unterschwefelsäure sich aus schweflichter Säure und Schwefelsäure zusammengesetzt denken kann, da diese Säuren durch Einwirkung anderer Säuren in diese Bestandtheile zerfallen, so kann man aus einem ähnlichen Grunde die schweflichte Säure im

wasserfreien Ammoniaksalze, zum Unterschiede von der gewöhnlichen schweflichten Säure, sich aus unterschweflichter Säure und aus Schwefelsäure, oder aus Schwefel, schweflichter Säure und Schwefelsäure bestehend vorstellen.

Wird das wasserfreie schweflichtsaure Ammoniak mit starkem Alkohol behandelt, so zeigen sich Erscheinungen, mit deren Untersuchung ich noch beschäftigt bin; leitet man indessen trocknes Ammoniakgas und trocknes Schweflichtsäuregas in starken Alkohol, so scheidet sich ein unlösliches Salz ab, das, in Wasser aufgelöst, sich ganz wie eine Auflösung von gewöhnlichem wasserhaltigen schweflichtsauren Ammoniak verhält.

Die wasserfreien Verbindungen der Schwefelsäure und der schweflichten Säure mit dem Ammoniak sind, nach den mitgetheilten Untersuchungen, Körper eigner Art, welche, obgleich in Wasser leicht auflöslich, durch dasselbe nicht die entsprechenden wasserhaltigen Ammoniakverbindungen bilden. In der wäfsrigen Auflösung der schwefelsauren und in der frisch bereiteten wäfsrigen Auflösung des schweflichtsauren Ammoniaks kann man daher das Ammoniak nicht wie in den gewöhnlichen wasserhaltigen Ammoniaksalzen als Ammoniumoxyd ($\dot{N}H^4$) betrachten.

XXII. *Ueber die Trennung verschiedener Metalloxyde durch Paraphosphorsäure; von Hrn. Persoz.*

Die angewandte Paraphosphorsäure war durch Glühen von reinem phosphorsauren Ammoniak dargestellt; sie besafs alle bisher von ihr angegebenen Eigenschaften, zeigte aber aufserdem in ihren Salzen noch andere, neue, wel-

die Hr. Persoz zum Gegenstand einer künftigen Untersuchung machen wird.

Trennung von Nickel- und Kobaltoxyd. Man löse das Gemeng von Nickel- und Kobaltoxyd in Salpetersäure oder Chlorwasserstoffsäure, schüttele so viel Paraphosphorsäure hinein als zur Sättigung der beiden Oxyde nöthig seyn würde, und füge dann Ammoniak hinzu, so viel, daſs der anfangs gebildete Niederschlag sich wieder auflöst. Die Flüssigkeit, welche, je nach dem Verhältniſs der beiden Oxyde, eine blaugraue oder violette Farbe annimmt, läſst man in einem offenen Gefäſse stehen. Unter Entweichung von Ammoniak setzt sie einen anfangs graulichen, darauf schön grünen Niederschlag ab, welcher ein Doppel-Paraphosphat von Nickeloxyd ist. Wenn kein Niederschlag mehr entsteht, gieſst man die rückständige schön rosenröthe Flüssigkeit ab; diese enthält nun kein Nickeloxyd mehr, und kann, ohne sich zu trüben, bis zur Syrupsconsistenz abgedampft werden. Das unlösliche Nickel-Doppelsalz bedarf dann zur vollständigen Befreiung von eingemengtem Kobaltsalz nur noch der Waschung mit Wasser; zur Abscheidung der Paraphosphorsäure kann man es mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak oder mit kohlensaurem Natron behandeln [1]).

Trennung von Wismuth- und Kadmiumoxyd. Das Paraphosphat von Wismuthoxyd ist in Ammoniakflüssigkeit unlöslich, das von Kadmiumoxyd aber sehr löslich, wenigstens bei Ueberschuſs von Ammoniak. Befinden sich also beide Oxyde zugleich in Salpetersäure gelöst, und man schüttet Paraphosphorsäure und Ammoniak in die Flüssigkeit, so wird alles Wismuthoxyd gefällt.

Auf ähnliche Weise kann man *Blei-* und *Quecksilberoxyd* trennen, da das letztere mit Paraphosphorsäure

1) In Betreff der ältern Phillips'schen Methode zur Trennung dieser beiden Oxyde sind die Bemerkungen von Berzelius, S. 126 dieses Bandes nicht zu übersehen.

P.

und Ammoniak eine lösliche, das Bleioxyd aber eine unlösliche Verbindung liefert.

Bei dieser Gelegenheit macht Hr. Persoz noch folgende *Trennung des Uranoxyds von Kobalt-, Nickel- und Zinkoxyd* bekannt. Aus einem Gemenge dieser Oxyde läfst sich, sagt er, das Uranoxyd von den drei letzten vollständig trennen, wenn man dasselbe in Salpetersäure löst und mit basisch-essigsaurem Bleioxyd in Ueberschufs versetzt. Man erhält dadurch einen Niederschlag von uransaurem Bleioxyd, der in dem Ueberschufs des Bleiessigs vollkommen unlöslich ist, während sich die, in Wasser unlöslichen uransauren Salze des Kobalt-, Nikkel- und Zinkoxyds in dem überschüssigen Bleiessig vollständig lösen. Auf diese Weise hat Hr. Persoz in einem Falle (in welchem, ist nicht gesagt) Uranoxyd entdeckt, in welchem andere Methoden fehlschlugen. (*L'Institut.*, *No*, 70 *p*. 299.)

XXIV. *Ueber einen neuen Alkohol; von Hrn. Dumas.*

Hr. Dumas hat neuerlich der Pariser Academie einen von ihm in Gemeinschaft mit Hrn. Peligot dargestellten neuen Alkohol überreicht und dabei folgende Notiz vorgelesen:

1) Dieser neue Alkohol ist der Holzgeist; seine Formel ist $C_2H_4+H_4O_2$, welche vier Volumen seines Dampfs entspricht, der das specifische Gewicht $=1,11$ besitzt [1]).

1) Bekanntlich ist der gewöhnliche

$$\text{Alkohol} = C_2H_4+H_2O$$
$$\text{Aether} = C_2H_4+\tfrac{1}{2}H_2O.$$

Die von Dumas gefundene Zusammensetzung des Holzgeistes weicht von der früheren Analyse Liebig's (Annal. Bd. XXVII

2) Mit dem Vierfachen seines Gewichts an concentrirter Schwefelsäure behandelt, liefert der Holzgeist den von Einem unter uns entdeckten Aether, dessen Formel $C_2H_4+H_2O$ ist, entsprechend zwei Volumen seines Dampfs, der das specifische Gewicht $=1,64$ besitzt. Der Aether dieses neuen Alkohols hat, was sehr sonderbar ist, dieselbe Zusammensetzung und dieselbe Dichte wie der gewöhnliche Alkohol.

3) Mit Schwefelsäure und mit Kochsalz behandelt giebt der Holzgeist einen Chlor(wasserstoff)äther, der in gewöhnlicher Temperatur gasförmig, einige Grade unter Null aber flüssig ist.

4) Mit Jod und Phosphor behandelt, giebt der Holzgeist einen Jodwasserstoffäther $=C_2H_4+J_2H_2$, flüssig und ziemlich flüchtig.

5) Ein Gemenge von Oxalsäure, Schwefelsäure und Holzgeist destillirt, giebt eine in schönen Blättchen krystallisirende Verbindung. Diese ist ein neuer Oxaläther, zusammengesetzt nach der Formel $C_2H_4+C_2O_3+H_2O$, vollkommen flüchtig, mit Ammoniakflüssigkeit Oxamid gebend, und mit trocknem Ammoniak einen dem *Oxamethan* [1]) entsprechenden Körper.

6) Bei Destillation von concentrirter Essigsäure, Schwefelsäure und Holzgeist erhält man einen neuen Essigäther, der flüssig ist und der Formel $C_2H_4+C_4H_6O_3+H_2O$ entspricht.

7) Mit Benzoësäure, Schwefelsäure und Holzgeist bekommt man Benzoëäther $=C_2H_4+C_{14}H_{10}O_3+H_2O$, der flüssig ist.

8) Destillirt man Schwefelsäure und salpetersaures Kali mit Holzgeist, bekommt man einen sehr merkwürdigen Salpeteräther, der bei einer schwachen, weit unter

S. 614) durch einen Mehrgehalt von einem H_2 und einem Atom Wasser ab. P.

1) Diese Annalen, Bd. XXXI S. 650.

der Rothgluth liegenden Wärme verpufft, übrigens, wie der gewöhnliche Salpeteräther, flüssig, bernsteinfarben und sehr flüchtig ist, aber ein gröfseres specifisches Gewicht besitzt als Salzwasser und folglich auch als reines Wasser.

9) Durch Destillation von Holzgeist mit Chlorkalk bekommt man *Chloroform* $= C_4 H_2 Cl_6$, vollkommen identisch mit dem, welchen Alkohol und Acetone (Acetal) bei gleicher Behandlung liefern [1].

10) Holzgeist mit Schwefelsäure und Baryt behandelt, giebt eine Art von weinschwefelsaurem Salz. Es krystallisirt in grofsen quadratischen Tafeln, besitzt die Formel $(C_2 H_4 + 2SO_3 + H_2 O + Ba O) + H_4 O_2$ im trocknen Vacuo. Bei Destillation giebt es ein Oel wie das gewöhnliche Sulfovinat. Ein analoges Oel bekommt man, wenn man den Holzgeist mit dem Zehnfachen seines Gewichts an concentrirter Schwefelsäure destillirt. Dieses Oel ist $= C_2 H_4 + SO_3 + HO_2$, analog dem neutralen schwefelsauren Kohlenwasserstoff von Serullas. Das entsprechende Kalksalz ist zerfliefslich.

11) Wir haben auch einen Chlorkohlensäureäther, der flüssig ist, und einen Citronenäther dargestellt, beide aber noch nicht analysirt.

Unter den neuen Körpern, welche wir erhalten haben, giebt es viele, welche die sonderbarsten und beachtenswerthesten Fälle von Isomerie darbieten. In unserer Abhandlung werden wir auf die Vergleichung dieser isomeren Körper eine besondere Aufmerksamkeit verwenden. Wir werden hinzufügen, dafs unter den bekannten organischen Substanzen keine vorhanden ist, welche, unseres Wissens, so hübsche Verbindungen und so reine Phänomene liefert wie der Holzgeist. Er ist leichter zu handhaben als der Alkohol, und diefs läfst uns hoffen, dafs wir uns mittelst seiner werden Aether verschaffen können, die man mit dem Alkohol noch nicht bilden konnte. (*L'Inst. No.* 68 *p.* 282).

1) Annalen, Bd. XXXI S. 652.

XXV. *Ueber die mittlere Temperatur der Erdrinde; von F. Rudberg.*

Am Ende Decembers 1832 sind, durch mich veranlafst und auf Kosten der Academie der Wissenschaften zu Stockholm, daselbst drei Thermometer in den Boden eingelassen. Sie sind mit Quecksilber gefüllt, und in verticaler Stellung mit einem sichern Thermometer verglichen worden, so dafs also auch der Einflufs des Drucks der Quecksilbersäule berücksichtigt ist. Sie stehen in eingesenkten Glasröhren, die unten mit durchlöcherten Stöpseln verschlossen sind und nachher mit feinem Sand gefüllt wurden. Die Tiefen, in welchen sich die Kugeln der drei Thermometer befinden, betragen 1, 2 und 3 Fufs. Der Platz liegt in der Mitte der ziemlich grofsen Ebene, auf welcher die Sternwarte und jetzt auch das kleine magnetische Observatorium steht.

Die Beobachtungen fingen zwar schon im December des erwähnten Jahres an, wurden aber in den ersten sechs Monaten nur einmal am Tage angestellt; von da ab wurden die Thermometer aber drei Mal am Tage abgelesen, nämlich um 6 Uhr Morgens, 2 und 9 Uhr Nachmittags. Da durch das Aufgraben der Erde das natürliche Gleichgewicht der Wärme gestört worden, und zum Wiedereintreten desselben eine etwas längere Zeit erforderlich gewesen, so werde ich hier die Beobachtungen des ersten halben Jahres übergehen und nur die Beobachtungen vom 1. Juli 1833 bis zum 1. Juli 1834 anführen. Die monatlichen Mittel aus ihnen sind folgende:

		Temperatur in Tiefen von:		
		1 Fufs.	2 Fufs.	3 Fufs.
1833.	Juli	+15°,86 C.	+15°,00 C.	+13°,87 C.
	August	13 ,12	13 ,03	12 ,88
	Septemb.	12 ,18	12 ,01	11 ,93
	October	8 ,97	9 ,08	9 ,59
	Novemb.	3 ,89	4 ,62	5 ,67
	Decemb.	+ 0 ,81	+ 1 ,77	2 ,78
1834.	Januar	— 1 ,51	— 0 ,42	0 ,40
	Februar	— 0 ,38	— 0 ,02	0 ,24
	März	+ 0 ,35	+ 0 ,63	0 ,80
	April	3 ,36	3 ,02	2 ,74
	Mai	8 ,90	8 ,09	7 ,28
	Juni	13 ,65	12 ,50	11 ,29

Nimmt man das Mittel aus den Angaben eines jeden Thermometers, so wird die *mittlere jährliche Temperatur* des Bodens zu Stockholm:

in 1 Fufs Tiefe = +6°,60 C.
- 2 - - = +6 ,61
- 3 - - = +6 ,62

woraus folgt, *dafs die mittlere Temperatur des Bodens*, wenigstens bis zu drei Fufs Tiefe, *von der Tiefe unabhängig ist;* und wahrscheinlich wird dieser Satz gültig seyn für alle Tiefen bis zu der Gränze, wo der jährliche Temperaturwechsel aufhört.

Die Tafel zeigt überdiefs, *dafs die Temperatur am Ende Septembers und am Ende des März, oder zur Zeit der Herbst- und der Frühlingsnachtgleiche in den verschiedenen Tiefen dieselbe ist.*

Obgleich erst mehrjährige Beobachtungen über die Gültigkeit dieser beiden Sätze entscheiden können, so habe ich doch geglaubt die Aufmerksamkeit der Physiker auf sie hinlenken zu müssen, damit sie die Richtigkeit derselben an andern Orten prüfen mögen.

Diese mittlere Temperatur der Erdrinde ist gröfser als die mittlere Temperatur der Luft in Stockholm, welche letztere +5°,7 C. beträgt.

XXVI. *Ueber den Rhodizit, eine neue Mineralgattung;* *von Gustav Rose.*

Unter den Krystallen des bekannten rothen Sibirischen Turmalins [1]), welche sich in dem Königl. mineralogischen Museum von Berlin befinden, fand ich einige, welche mit kleinen weifsen Krystallen besetzt waren, die ich bei näherer Untersuchung als einer neuen Gattung angehörig erkannte, welche in ihren Eigenschaften nicht ohne Interesse ist. Die Kleinheit der Krystalle, und die geringe Menge in welcher sie sich fanden, verhinderten eine vollständige Untersuchung, aber die angestellten Versuche sind wenigstens hinreichend, um zu zeigen, dafs die Krystalle eine neue Gattung bilden, und um die Aufmerksamkeit der Mineralogen darauf zu lenken.

Die Krystalle haben höchstens nur den Durchmesser einer Linie und sind gewöhnlich noch kleiner; sie sind aber sehr deutlich krystallisirt, ihre Form ist das Dodecaëder mit schwach abgestumpften 3flächigen Ecken, also die Combination des Dodecaëders mit dem Octaëder. Bei einigen Krystallen schienen die abwechselnden Octaëderflächen zu fehlen, es wäre daher möglich, dafs die Krystalle Combinationen des Dodecaëders mit einem oder mit den beiden Tetraëdern wären, die sich zusammen zum Octaëder ergänzen. Messungen, welche ich mit dem Reflexionsgoniometer an mehreren Kantenwinkeln des Dodecaëders bei mehreren Krystallen angestellt habe, gaben den Winkel von 120° mehr oder weniger genau, bei einigen fand ich ihn nur sehr wenig abweichend, bei andern waren die Abweichungen bis über 1°, diese rüh-

1) Der genaue Fundort ist einige Werste vor dem Dorfe Schaitansk, welches 60 Werste nördlich von Katharinenburg im Ural liegt.

ren aber höchst wahrscheinlich nur daher, dafs die Flächen der Krystalle meistens etwas gekrümmt waren, denn sie liefsen sich durch die Annahme, dafs die Krystalle einem andern als dem regulären Krystallisationssysteme angehören, nicht erklären.

Die Krystalle sind rein weifs, mehr oder weniger durchscheinend, stark glänzend von Glasglanz, und so hart, dafs sie sich mit dem Messer nicht ritzen lassen.

Spaltbarkeit und specifisches Gewicht konnten, wegen der Kleinheit der Krystalle und der geringen Menge, nicht untersucht werden.

Vor dem Löthrohr sind die Krystalle schwer schmelzbar. Ein kleines Stück in der Platinzange gehalten und geglüht, schmilzt nur schwer an den Kanten zu einem weifsen undurchsichtigen Glase, das mehrere Auswüchse bekommt, die sehr stark mit gelblichrothem Lichte leuchten. Es färbt dabei die Flamme anfänglich grün, dann nur die untere Seite derselben grün und die obere roth, zuletzt die ganze Flamme roth. Die rothe Färbung ist eben so stark, wie die, mit welcher Lepidolith, der mit den rothen Turmalinkrystallen zusammen bricht, oder Petalit, Spodumen und andere lithionhaltige Mineralien die Flamme färben, wenn sie, in der Platinzange gehalten, vor dem Löthrohr erhitzt werden, rührt also auch wahrscheinlich bei dem neuen Minerale von Lithion her.

Auf der Kohle geglüht, rundet sich das Mineral auch nur an den Kanten ab, wird schneeweifs und undurchsichtig, und bekommt die nämlichen Auswüchse, wie wenn man es in der Zange haltend, erhitzt.

Im Kolben giebt es kein Wasser.

In Borax löst es sich zu einem klaren Glase auf; eben so verhält es sich mit Phosphorsalz, scheint also keine Kieselsäure zu enthalten. Mit Flufsspath schmilzt es zu einem klaren Glase zusammen, löst sich aber auch in kieselsaurem Natron vollkommen auf, ohne dasselbe zu färben, enthält daher keine Schwefelsäure, wie man

nach dem Verhalten gegen Flufsspath wohl vermuthen könnte.

Mit wenig Soda schmilzt es zu einem weifsen Email zusammen, welches, befeuchtet auf ein blankes Silberblech gethan, keinen Fleck hervorbringt; mit mehr Soda schmilzt es zu einem klaren Glase zusammen, das beim Erkalten nicht krystallisirt. Wenn man das mit Soda geschmolzene Glas zerreibt, in einem kleinen Platintiegel in Chlorwasserstoffsäure auflöst, die Auflösung eintrocknet, mit Alkohol übergiefst und denselben anzündet, so färbt sich die Flamme grün, eben so stark, wie wenn man den Versuch mit Borazit anstellt.

In Chlorwasserstoffsäure löst sich das Mineral nur schwer auf. Eine geringe Menge, die gepulvert und mit Chlorwasserstoffsäure gekocht wurde, liefs einen Rückstand, der sich indessen bei längerer Digestion wohl auch aufgelöst haben würde. Die Auflösung gab mit Ammoniak keinen, nachdem aber Oxalsäure zu der ammoniakalischen Flüssigkeit hinzugesetzt war, einen ziemlich bedeutenden Niederschlag. Lithion konnte in der abfiltrirten Flüssigkeit, wahrscheinlich nur wegen der geringen angewandten Menge, nicht deutlich wahrgenommen werden.

Nach dem Angeführten hat das Mineral grofse Aehnlichkeit mit dem *Borazit;* Form, Farbe und Härte sind wie bei diesem, es verhält sich vor dem Löthrohr mit Borax, Phosphorsalz, Flufsspath und kieselsaurem Natron zusammengeschmolzen wie dieser, es giebt gleiche Reactionen auf Boraxsäure und ist gleich schwer auflöslich in Chlorwasserstoffsäure. Der Borazit färbt indessen, in der Platinzange vor dem Löthrohr erhitzt, die Flamme nur grün, schmilzt auf der Kohle für sich allein, oder mit Soda zu einem klaren Glase das beim Erkalten krystallisirt, und giebt, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst mit Ammoniak und Oxalsäure versetzt, keinen Niederschlag, unterscheidet sich daher in allen diesen Eigenschaften von dem neuen Mineral. Auch das Vorkom-

men zeichnet dieses noch aus; es findet sich nämlich auf Gängen von Granit auf rothem Turmalin so aufgewachsen, daſs man es von diesem nicht herunter nehmen kann, ohne Eindrücke in ihm zu hinterlassen, dagegen der Borazit sich bis jetzt nur in Krystallen, die in Gyps eingewachsen sind, zu Lüneburg und Segeburg gefunden hat. Dennoch ist es wohl möglich, daſs das neue Mineral mit dem Borazite isomorph ist.

Da die rothe Färbung, die das neue Mineral der Löthrohrflamme ertheilt ein leichtes Erkennungsmittel desselben ist, so schlage ich vor, es nach dieser Eigenschaft *Rhodizit* (von ῥοδιζεῖν, rothfärben) zu nennen.

XXVII. *Analyse des Levyns; von A. Connel.*

Der zerlegte Levyn stammte aus Irland (unter andern von der Insel Skye, einem neuen Fundort) besaſs genau die von Haidinger beschriebene Krystallform (Ann. V S. 170) und bei 55° F. das spec. Gewicht 2.198 (von 9,3 Gran genommen). Beim Glühen verlor er 19,51 Procent Wasser. 10,28 Gran des geglühten Minerals, nach den üblichen Methoden zerlegt, gaben, auf 100 berechnet und das Wasser hinzugefügt, folgende Bestandtheile: Kieselerde 46,30, Thonerde 22,47, Kalk 9,72, Natron 1,55, Kali 1,26, Eisenoxyd 0,77, Manganoxyd 0,19 Wasser 19,51 (Summe 101,77), entsprechend der Formel:

$$(\dot{K}, \dot{N}a, \dot{C}a)\dddot{S}i + 3\dddot{A}l\dddot{S}i^2 + 15\dot{H}.$$

Sauerstoff der Kieselerde, der Thonerde, der drei Basen (Kali, Natron, Kalk) und des Wassers verhalten sich wie 7:3:1:5; dagegen im Chabasit (worin C. indeſs nicht das von Hofmann aufgefundene Natron (Annal. XXV S. 495) bemerkte) wie 8:3:1:6. Da der Levyn überdieſs ein schärferes Rhomboëder (79° 29′) als der Chabasit (94° 46′) besitzt, auch andere optische Eigenschaften zeigt, so erklärt Hr. C. den Levyn für ein eigenes, vom Chabasit verschiedenes Mineral, und das früher von Berzelius als Levyn untersuchte für ein Gemeng von beiden (*Phil. Mag. V p.* 40) — Der *Dysclasit* von C. (*L'Institut, No.* 63 *p.* 245) ist beiläufig bemerkt v. Kobell's *Okenit* (Berzelius, Jahresber. No. 9 S. 187)).

1834. ANNALEN №. 17.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

XXVIII. *Ueber die optischen Axen und die Farben zweiaxiger Krystalle im polarisirten Licht; von F. E. Neumann, Prof. in Königsberg.*

§. 1.

Brewster entdeckte zuerst die Klasse von Krystallen, welche jetzt in der Optik den Namen der *zweiaxigen Krystalle* führen. Die beiden Axen nannte er diejenigen Richtungen, in welchen der Krystall von denjenigen Strahlen durchlaufen ist, die von dem Mittelpunkt der im polarisirten Licht entstehenden Farbenringe nach dem Auge gehen. Biot stellte in Beziehung auf diese *so bestimmten* optischen Axen das Gesetz der Geschwindigkeiten der beiden Strahlen auf, welche durch Doppelbrechung in dem Krystall entstehen, nämlich dafs, im Sinne der Emanationstheorie, die Differenz der Quadrate der Geschwindigkeiten der beiden Strahlen, wenn sie sich in derselben Richtung bewegen, proportional dem Producte der Sinusse der Winkel ist, welche diese Richtung mit den optischen Axen bildet. Dieses Gesetz bestätigte er einerseits durch zahlreiche Refractionsbeobachtungen (*Mém. de l'Inst.* 1818), andererseits reducirte er auf dieses analytische Gesetz die von Brewster gegebene geometrische Construction für die Farbenringe. Fresnel mufste in seiner scharfsinnigen Theorie der doppelten Strahlenbrechung eine theoretische Definition geben von denjenigen Richtungen, welche man die optischen Axen genannt hatte. Anfänglich nennt er diese Richtungen die Normalen der Kreisschnitte der Elasticitätsfläche (dies Annal. Bd. XXIII S. 503); später aber, nachdem er gefunden, dafs das Biot'sche Gesetz für den Unterschied der

Quadrate der Geschwindigkeiten der beiderlei Strahlen, wenn ihre gemeinschaftliche Richtung auf die Normalen der Kreisschnitte des Ellipsoids, dessen Radien die Geschwindigkeiten der Lichtstrahlen vorstellen, bezogen wird, eine strenge Folge seiner Theorie ist, läfst er die erste Bestimmung fallen und erklärt sich a. a. O. S. 538 dafür, die Normalen der Kreisschnitte des Ellipsoids die optischen Axen zu nennen, also diejenigen Richtungen, in welchen die beiderlei Strahlen den Krystall mit gleicher Geschwindigkeit durchlaufen. Ob in dieser Bestimmung nur ein theoretischer Name für die Normalen der letzteren Kreisschnitte gegeben werden sollte, erhellt nicht ganz entschieden; es scheint aber aus einigen späteren Aeufserungen Fresnel's in derselben Abhandlung hervorzugehen, dafs seine Meinung gewesen sey, die Normalen dieser Kreisschnitte seyen wirklich dieselben Richtungen, welche Brewster und Biot optische Axen genannt haben, d. h. diejenigen Richtungen, welche bei den Farbenringen durch die von ihrem Mittelpunkt nach dem Auge gehenden Strahlen (d. i. durch die *scheinbaren optischen Axen*) im Innern des Krystalls bestimmt werden. Jedenfalls hat diese Meinung bei Denjenigen Eingang gefunden, welche sich später mit der experimentellen Bestimmung der Lage der optischen Axen beschäftigt haben, namentlich bei den Herren Rudberg und Brewster. Ersterer, Hr. Rudberg, macht zwar in seiner ausgezeichneten Untersuchung der Refraction zweiaxiger Krystalle (diese Annalen, Bd. XVII S. 26) auf eine Schwierigkeit, die in dieser Ansicht wegen der Divergenz beim Austritt der Strahlen, welche in der Richtung der Normale der Kreisschnitte des Ellipsoids den Krystall durchlaufen haben, stattfindet, aufmerksam, da er jedoch diese nicht beseitigt, auch, in der späteren, sehr schönen Arbeit von Hamilton und Lloyd (diese Ann. Bd. XXVIII S. 91) über die optischen Eigenschaften der Kreisschnitte der Elasticitätsfläche und des Ellipsoids die Frage nicht

zur Entscheidung kommt, welche theoretische Bedeutung die durch die scheinbaren optischen Axen im Innern des Krystalls bestimmten Richtungen haben, so schien es mir nicht überflüssig zur Erledigung dieser Frage die folgenden Bemerkungen mitzutheilen.

Es sey *abcd*, Fig. 1 Taf. I, ein senkrechter Durchschnitt eines Krystallblättchens, durch welches die Farben im polarisirten Lichte beobachtet werden. Es sey EI'' ein auf das Blättchen fallender Strahl homogenen Lichtes, EG sein durch die Refraction erzeugter ungewöhnlicher Strahl und EG' sein gewöhnlicher [1]). Es sey OI' ein anderer mit EI'' parallel auffallender Strahl derselben Farbe, welcher in die Strahlen OG'' und OG' getheilt wird, jener OG'' parallel mit EG ist der ungewöhnliche, dieser OG parallel mit EG' ist der gewöhnliche Strahl. Die beiden Strahlen OG und EG treffen in G, d. i. in denjenigen Punkt, in welchem sie aus dem Blättchen heraustreten, zusammen, und werden hier beide so gebrochen, dafs sie in derselben Richtung GA, nämlich parallel mit OI' und EI'', aufserhalb des Krystalls sich fortpflanzen; sie gelangen aber an irgend einem Punkt dieser Richtung, z. B. nach A, nicht zu gleicher Zeit an, denn sie haben zweierlei Wege durch das Blättchen mit verschiedenen Geschwindigkeiten zu durchlaufen gehabt; sie werden also mit einander interferiren, vorausgesetzt, dafs, da diese Strahlen als polarisirte Strahlen aus dem Blättchen heraustreten, die Bedingungen für die Interferenz polarisirter Strahlen erfüllt sind, nämlich dafs die einfallenden Strahlen EI'' und OI'' schon polarisirt waren, und dafs nach dem Austritt die Polarisa-

1) Den gewöhnlichen Strahl nenne ich denjenigen, dessen Polarisationsebene den Winkel, welcher durch die zwei Ebenen gebildet wird, die durch die Normale der Wellenebene des Strahls und durch die Normalen der Kreisschnitte der Elasticitätsfläche gelegt sind, so halbirt, dafs ihre Durchschnittslinie mit der Ebene dieser Normalen in ihrem spitzen Winkel liegt.

tionsebenen] der beiden in der Richtung GA sich bewegenden Strahlen auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene zurückgeführt wurden.

Die beiden Strahlen EI'' und OI' haben ihren Ursprung in derselben Lichtquelle, und sind also Radien der Wellenoberfläche; die Entfernung dieser Lichtquelle von dem Blättchen ist in Beziehung auf den gegenseitigen Abstand der Strahlen EI'' und OI' von einander, da sie parallel sind, als sehr weit angenommen; es kann also die ihnen gemeinschaftliche Wellenoberfläche dargestellt werden durch eine durch E senkrecht auf die Strahlen gelegte Ebene EW, wo W der Durchschnitt der senkrechten Ebene mit dem Strahle OI' ist. Bei E und W sind beide Strahlen zugleich angelangt; die Verzögerung des einen Strahls gegen den andern, welche von hier an eingetreten ist, erhält man, wenn man die Zeiten berechnet, welche der eine Strahl gebraucht, um von E nach G auf dem Wege EG zu gelangen, und die Zeit, welche der andere Strahl gebraucht, um von W auf dem gebrochenen Wege WO und OG nach demselben Punkte G zu gelangen. Die Differenz dieser Zeiten ist die verlangte Verzögerung, und wenn man diese Differenz durch die Schwingungsdauer, welche der Farbe der homogenen Strahlen OIO, EIO entspricht, dividirt, so erhält man den Unterschied der Phasen der beiden in der Richtung GA interferirenden Strahlen.

Es sey V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in dem unkrystallinischen Medium, von welchem das Blättchen umgeben ist, und O und E seyen die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des gewöhnlichen Strahls GO und des ungewöhnlichen GE; alsdann ist die Zeit, welche zum Durchlaufen des Weges EG gehört, $\frac{EG}{E}$, und die, welche zum Durchlaufen der Wege WO und OG erforderlich ist, $\frac{WO}{V}+\frac{OG}{O}$ und, wenn τ die Schwingungsdauer bezeichnet, der Unterschied der Phasen:

$$\left\{\frac{WO}{V}+\frac{OG}{O}-\frac{EG}{E}\right\}\frac{1}{\tau}.$$

Die relative Lage der beiden Strahlen OI' und EI'' läſst sich dadurch bestimmen, daſs man den Strahl AG als einen auf das Blättchen fallenden Strahl ansieht, welcher in die beiden Strahlen GO und GE getheilt wird, welche, aus dem Blättchen heraustretend, die Strahlen OI' und EI'' erzeugen. Es liegen also im Allgemeinen die Strahlen AG, GO, GE, OI', EI'' nicht in Einer Ebene, wie wir der Einfachheit der Darstellung wegen es bis jetzt angenommen haben. Die Ebene der Zeichnung in Fig. 1 Taf. I sey durch den Strahl AG und die Normale des Blättchen GN gelegt, die Linien GO, GE, OI', EI'' seyen die geraden Projectionen der aus AG entstehenden Strahlen auf diese Ebene, und es mögen die diesen Projectionen entsprechenden Strahlen bezeichnet werden mit Go, Ge, oi', ei'', wo o und e die wirklichen Austrittspunkte des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahls aus dem Blättchen darstellen, und oi', ei'' zwei mit AG parallele Strahlen sind. Der in Fig. 1 mit W bezeichnete Punkt ist die Projection des Durchschnittspunktes des Strahles oi' mit der durch e senkrecht auf ei'' gelegten Ebene; dieser projicirte Punkt soll mit w bezeichnet werden. In Fig. 2 Taf. I ist die Ebene der Zeichnung die Austrittsfläche des Blättchens ab, durch welche die Strahlen Ge und Go in e und o austreten, ab die Durchschnittslinie dieser Ebene mit der durch AG und GN gehenden Einfallsebene.

Der Unterschied der Phasen der beiden in AG interferirenden Strahlen ist also allgemein:

$$\frac{wo}{V\tau}+\frac{oG}{O\tau}-\frac{eG}{E\tau}=U.$$

Es sey φ der Einfallswinkel des Strahls AG, d. h. der Winkel, den er mit der Normale GN bildet, und $\psi_{,}$, $\psi_{,,}$ seyen die Winkel welche die Strahlen Go und Ge mit GN bilden; es seyen $\omega_{,}$, $\omega_{,,}$ die Winkel, wel-

che die durch GN, Go und durch GN, Ge gelegten Ebenen mit der Einfallsebene, durch GA, GN gelegt, bilden. In Fig. 2 Taf. I ist $\omega_{,}=oNO$ und $\omega_{,,}=eNE$. Es sey d die Dicke des Blättchens. Alsdann ist:

$$Go=\frac{d}{\cos\psi_{,}} \qquad Ge=\frac{d}{\cos\psi_{,,}}.$$

Es ist ferner $ow=OW=OE\sin WEO$; der Winkel $WEO=\varphi$ und $OE=NE-NO=Ne\cos\omega_{,,}-No\cos\omega_{,}=d\,tang\,\psi_{,,}\cos\omega_{,,}-d\,tang\,\psi_{,}\cos\omega_{,}$; also

$$ow=d[tang\,\psi_{,,}\cos\omega_{,,}-tang\,\psi_{,}\cos\omega_{,}]\sin\varphi.$$

Man hat also:

$$U=\frac{d}{\tau}\left\{\frac{(tg\,\psi_{,,}\cos\omega_{,,}-tg\,\psi_{,}\cos\omega_{,})}{V}\sin\varphi+\right.$$

$$\left.+\frac{1}{O\cos\psi_{,}}-\frac{1}{E\cos\psi_{,,}}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Es kommt nun darauf an, die Gröfsen ω, $\omega_{,,}$, $\psi_{,}$, $\psi_{,,}$ allgemein zu bestimmen.

Wir wollen die Lage der verschiedenen in Betracht zu nehmenden Linien beziehen auf die drei rechtwinkligen Elasticitätsaxen x, y, z des Blättchens, die wir uns durch den Punkt G gelegt denken. Es seyen a', b', c' die Cosinusse der Winkel, welche der Strahl Go mit den Axen x, y, z bildet, und A, B, C die Cosinusse der Winkel, welche die Normale GN mit denselben Axen bildet; alsdann sind die Cosinusse der Winkel, welche mit den Elasticitätsaxen x, y, z die Durchschnittslinie der durch GN und Go gelegten Ebene mit dem Blättchen, d. i. die Linie No, bildet:

$$\frac{A\cos\psi_{,}-a_{,}}{\sin\psi_{,}},\ \frac{B\cos\psi_{,}-b_{,}}{\sin\psi_{,}},\ \frac{C\cos\psi_{,}-c_{,}}{\sin\psi_{,}} \quad \ldots \quad (2)$$

Es seyen α, β, γ die Cosinusse der Winkel, welche AG mit den Elasticitätsaxen bildet, und α', β', γ' seyen die Cosinusse, welche die Normale der zu dem Strahle Go gehörenden Wellenebene mit jenen Axen einschliefst. Diese Normale liegt in der durch AG und GN gelegten Einfallsebene, und bildet mit GN einen

Winkel, welchen ich mit $\varphi_{,}$ bezeichnen werde; bezeichnet man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der zum Strahl Go gehörenden Wellenebene mit μ', so ist $\varphi_{,}$ durch folgende Relation bestimmt:

$$\mu' \sin\varphi = V . \sin\varphi_{,} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Durchschnittslinie des Blättchens mit der durch GN und GA gelegten Ebene ist also identisch mit der Linie in welcher das Blättchen geschnitten wird von der Ebene, welche durch GN und durch die durch α', β', γ' bestimmten Normale gelegt ist, und die Cosinusse ihrer Winkel mit den Axen x, y, z sind:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{A\cos\varphi - \alpha}{\sin\varphi} &= \frac{A\cos\varphi_{,} - \alpha'}{\sin\varphi_{,}} \\
\frac{B\cos\varphi - \beta}{\sin\varphi} &= \frac{B\cos\varphi_{,} - \beta'}{\sin\varphi_{,}} \\
\frac{C\cos\varphi - \gamma}{\sin\varphi} &= \frac{C\cos\varphi_{,} - \gamma'}{\sin\varphi_{,}}
\end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Der Winkel $\omega_{,}$ ist derjenige, welchen die beiden durch (2) und durch (4) bestimmten Linien mit einander bilden; man hat also:

$$\begin{aligned}
\cos\omega_{,} = \left(\frac{A\cos\varphi_{,} - a'}{\sin\psi_{,}}\right)\left(\frac{A\cos\varphi_{,} - \alpha'}{\sin\varphi_{,}}\right) \\
+ \left(\frac{B\cos\psi_{,} - b'}{\sin\psi_{,}}\right)\left(\frac{B\cos\varphi_{,} - \beta'}{\sin\varphi_{,}}\right) \\
+ \left(\frac{C\cos\psi_{,} - c'}{\sin\psi_{,}}\right)\left(\frac{C\cos\varphi - \gamma'}{\sin\varphi_{,}}\right)
\end{aligned}$$

Führt man die angedeuteten Operationen aus, und bemerkt, dafs $A^2 + B^2 + C^2 = 1$, $\alpha'^2 + \beta'^2 + \gamma'^2 = 1$, $a'^2 + b'^2 + c'^2 = 1$, und dafs:

$$\begin{aligned}
Aa' + Bb' + Cc' &= \cos\psi_{,} \\
A\alpha' + B\beta' + C\gamma' &= \cos\varphi_{,},
\end{aligned}$$

so erhält man:

$$\cos\omega_{,} = \frac{1}{\sin\psi_{,}\sin\varphi_{,}}\left\{a'\alpha' + b'\beta' + c'\gamma' - \cos\varphi_{,}\cos\psi_{,}\right\}.$$

Die Gröfse $a'\alpha' + b'\beta' + c'\gamma'$ ist der Cosinus des Winkels, den der Strahl Go mit der Normale der ihm an-

gehörigen Wellenebene bildet. Denkt man sich den Strahl *Go* als Radius vector der Wellenoberfläche, welche um x, y, z mit den dem Blättchen angehörenden Elasticitätsconstanten beschrieben ist, so ist die ihm entsprechende Wellenebene die Tangentialebene dieser Oberfläche an demjenigen Punkte, wo sie vom Strahle getroffen wird. Die Länge dieses Radius vector ist die mit O bezeichnete Gröfse, und die vom Mittelpunkt auf die Tangentialebene gefällte Senkrechte stellt unser μ' vor. Man hat also in dem rechtwinkligen Dreieck, dessen Hypothenuse O und dessen eine Cathete μ' ist:

$$\mu' = O[a'\alpha' + b'\beta' + c'\gamma']$$

und es verwandelt sich der vorhergehende Ausdruck für $\cos\omega_{,}$ in:

$$\cos\omega_{,} = \frac{\frac{\mu'}{O} - \cos\psi_{,}\cos\varphi_{,}}{\sin\varphi_{,}\sin\psi_{,}} \quad . \; . \; . \; . \; (5)$$

Bezeichnet man mit $\omega_{,,}$, $\varphi_{,,}$, $\psi_{,,}$, μ'', E dieselben Gröfsen in Beziehung auf den Strahl *Ge*, welche für den Strahl *Go* mit $\omega_{,}$, $\varphi_{,}$, $\psi_{,}$, $\mu_{,}$, O bezeichnet sind, so hat man:

$$\cos\omega_{,,} = \frac{\frac{\mu''}{E} - \cos\psi_{,,}\cos\varphi_{,,}}{\sin\varphi_{,,}\sin\psi_{,,}} \quad . \; . \; (6)$$

Betrachten wir nun den in (1) gegebenen Unterschied der Phase U, und bemerken, dafs für den Strahl *Go* nach (3) $\mu'\sin\varphi = V\sin\varphi_{,}$, und dafs eben so für den Strahl *Ge* ist:

$$\mu''\sin\varphi = V\sin\varphi_{,,} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (7)$$

und dafs demzufolge:

$$\frac{\tan\psi_{,,}\cos\omega_{,,}\sin\varphi}{V} = \frac{\sin\psi_{,,}\sin\varphi_{,,}\cos\omega_{,,}}{\mu_{,,}\cos\psi_{,,}}$$

$$\frac{\tan\psi_{,}\cos\omega_{,}\sin\varphi}{V} = \frac{\sin\psi_{,}\sin\varphi_{,}\cos\omega_{,}}{\mu_{,}\cos\psi_{,}},$$

so können wir U unter folgende Form bringen:

$$U=\left\{\left(\frac{\sin\psi_{\prime\prime}\sin\varphi_{\prime\prime}\cos\omega_{\prime\prime}}{\mu_{\prime\prime}\cos\psi_{\prime\prime}}-\frac{1}{E\cos\psi_{\prime\prime}}\right)\right.$$
$$\left.-\left(\frac{\sin\psi'\sin\varphi_{\prime}\cos\omega_{\prime}}{\mu_{\prime}\cos\psi_{\prime}}-\frac{1}{O\cos\psi_{\prime}}\right)\right\}$$

Aus (5) und (6) erhält man aber:

$$\frac{\sin\psi_{\prime}\sin\varphi_{\prime}\cos\omega_{\prime}}{\mu'\cos\psi_{\prime}}=\frac{1}{O\cos\psi}-\frac{\cos\varphi_{\prime}}{\mu'}$$
$$\frac{\sin\psi_{\prime\prime}\sin\varphi_{\prime\prime}\cos\omega_{\prime\prime}}{\mu''\cos\psi_{\prime\prime}}=\frac{1}{E\cos\psi_{\prime\prime}}-\frac{\cos\varphi_{\prime\prime}}{\mu''}$$

und diese Werthe in U substituirt, geben:

$$U=\frac{d}{\tau}\left\{\frac{\cos\varphi_{\prime}}{\mu'}-\frac{\cos\varphi_{\prime\prime}}{\mu''}\right\} \quad . \; . \; . \quad (8)$$

oder wenn man die Werthe für $\mu_{\prime}$ und $\mu_{\prime\prime}$ aus (3) und (7) setzt:

$$U=\frac{d}{\tau}\cdot\frac{\sin\varphi}{V}\left\{\frac{\sin(\varphi_{\prime\prime}-\varphi_{\prime})}{\sin\varphi_{\prime\prime}\sin\varphi_{\prime}}\right\} \quad . \; . \quad (9)$$

Diefs, nämlich (8) und (9), ist die einfachste Form, auf welche sich die vollständigen Ausdrücke des Unterschiedes der Phase der beiden in der Richtung AG interferirenden Strahlen zurückführen läfst. Sie sind dabei noch von einer solchen Allgemeinheit, dafs sie kein besonderes Gesetz der doppelten Strahlenbrechung voraussetzen, und Anwendung finden sowohl auf die Krystalle in welchen die Doppelbrechung das Fresnel'sche Gesetz befolgt, als auch auf solche, wenn es deren giebt, für welche diefs Gesetz nicht ausreicht.

Die scheinbaren optischen Axen sind diejenigen Strahlen AG, in welchen der Unterschied der Phase verschwindet, d. i. $U=0$, also:

$$\varphi_{\prime}=\varphi_{\prime\prime} \text{ und } \mu'=\mu''.$$

Die scheinbaren optischen Axen werden also von Strahlen erzeugt, deren Wellenebenen parallel mit den Kreisschnitten der Elasticitätsfläche sind, und man mufs die Normalen dieser Schnitte die wahren optischen Axen nennen.

Construirt man in dem Blättchen *abcd*, Fig. 3 Taf. I,

einen der Kreisschnitte der Elasticitätsfläche CG, und betrachtet diesen als eine aus dem Blättchen austretende Wellenebene, so erzeugt sie die Wellenebene BA, deren Durchschnittslinie mit der Austrittsfläche cd parallel ist mit der Linie, in welcher cd geschnitten wird von dem Kreisschnitt CG, und deren Neigung mit cd, d. i. $\angle GBA = \varphi$, durch die Neigung von cd gegen den Kreisschnitt, d. i. durch den $\angle CGB = \varphi_{,}$, so bestimmt ist, daſs, wenn b die mittlere Elasticitätsconstante des Blättchens vorstellt, $b \sin \varphi = V \sin \varphi_{,}$ ist. Der zur Wellenebene BA gehörige Strahl, d. i. die auf BA gezogene Senkrechte, ist eine der scheinbaren optischen Axen.

Es sey das Blättchen $abcd$ so geschnitten, daſs seine Normale diejenige Elasticitätsaxe ist, welche den Winkel zwischen den optischen Axen halbirt. Der Werth dieser Axe sey c, der Werth der mittleren Axe sey b und der der dritten a. Die Kreisschnitte sind parallel mit b, und die Cosinusse ihrer Neigungen α, γ gegen Axen a und c sind:

$$\cos \alpha = \pm \sqrt{\frac{c^2 - b^2}{c^2 - a^2}} \quad \cos \gamma = \sqrt{\frac{b^2 - a^2}{c^2 - a^2}}.$$

Der in Fig. 3 Taf. I mit $\varphi_{,}$ bezeichnete Winkel ist gleich α, und da $\sin \alpha = \cos \gamma$, so hat man in diesem Fall für die Neigung der scheinbaren Axe GA gegen die Normale des Blättchens:

$$\sin \varphi = \frac{V}{b} \sqrt{\frac{b^2 - a^2}{c^2 - a^2}}.$$

Legt man für die Gröſsen a, b, c die Werthe zu Grunde, welche Hr. Rudberg aus seinen Messungen am Aragonit erhalten hat (diese Annalen, Bd. XVII S. 16), wo sie mit $\frac{1}{n_{,,,}}$, $\frac{1}{n_{,,}}$, $\frac{1}{n_{,}}$ bezeichnet sind, wo $V = 1$ gesetzt ist, so daſs also:

$$sin\,\varphi = n_{{\prime\prime}} \sqrt{\frac{\frac{1}{n_{{\prime\prime}}^2} - \frac{1}{n_{{\prime\prime\prime}}^2}}{\frac{1}{n_{\prime}^2} - \frac{1}{n_{{\prime\prime\prime}}^2}}}$$

so erhält man als Mittel aus den Werthen der verschiedenen Strahlen *H*, *G*, *F* etc. für φ den Werth 15° 23', und also als scheinbaren Winkel der optischen Axen 30° 46'. Rudberg's Annahme war, daſs

$$sin\,\varphi = n_{{\prime\prime}} \sqrt{\frac{n_{{\prime\prime}}^2}{n_{\prime}^2} - \frac{n_{{\prime\prime\prime}}^2}{n_{{\prime\prime\prime}}^2}}$$

sey, was als mittleren Werth des Winkels der scheinbaren optischen Axen 33° 57' gab. — Es ist auffallend, daſs die directen Beobachtungen dieses Winkels sich so weit von dem vorliegenden Resultat entfernen; Rudberg hat statt 30° 46' gefunden 32°, und Brewster (diese Ann. Bd. XXVII S. 504), nachdem er seine frühere Angabe berichtigt hat 29° 56'.

§. 2.

Ich werde bei dieser Gelegenheit auf die Theorie der Farbenerscheinungen zweiaxiger Krystalle, da diese bis jetzt nirgends für den Fall des schiefen Durchgangs der Lichtstrahlen entwickelt worden ist, noch näher eingehen.

Es sey *AB*, Fig. 4 Taf. I, ein unter dem Azimuth α, von der Einfallsebene an gerechnet, polarisirter, in das Blättchen *ab* eintretender Strahl. Die Intensität seiner Bewegung sey *I*; alsdann sind die Intensitäten der Bewegungen der beiden nach der Einfallsebene und senkrecht darauf polarisirten Strahlen, in welche *I* zerlegt werden kann, $I\cos\alpha$ und $I\sin\alpha$. Der Strahl *I* erzeugt im Allgemeinen einen gewöhnlichen Strahl *BD* und einen ungewöhnlichen *BC*, deren Intensitäten unter einander verschieden sind, da sie von α abhängen. Die Intensität der Bewegung des gewöhnlichen Strahls werde ich mit $D_{\prime}$ die des ungewöhnlichen mit $D_{{\prime\prime}}$ bezeichnen. Die Strahlen $D_{\prime}$ und $D_{{\prime\prime}}$ erzeugen zwei aus dem Blätt-

chen austretende Strahlen, von denen jeder in einem anderen Azimuth polarisirt ist, da die Richtung ihrer Polarisationsebene abhängig ist von der Lage der Polarisationsebenen der erzeugenden Strahlen. Jeden der durch $D_{\prime}$ und $D_{\prime\prime}$ erzeugten Strahlen denke man sich in zwei componirende Strahlen zerlegt, parallel und senkrecht polarisirt gegen die Austrittsebene, welche durch den ausgetretenen Strahl und die Normale des Blättchens gelegt ist, und es seyen die Intensitäten der Geschwindigkeiten dieser Componenten des durch $D_{\prime}$ erzeugten Strahls: $S_{\prime}$ und $P_{\prime}$ und des durch $D_{\prime\prime}$ erzeugten Strahls $S_{\prime\prime}$ und $P_{\prime\prime}$. Endlich sollen die austretenden Strahlen ($S_{\prime}$, $P_{\prime}$) und ($S_{\prime\prime}$, $P_{\prime\prime}$) auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene zurückgeführt werden, z. B. durch eine Turmalinplatte, deren Azimuth, von der Austrittsebene an gerechnet, $=\beta$ ist; jeder dieser Strahlen giebt eine nach β polarisirte Componente, deren Intensität der Bewegung mit $I_{\prime}$ und $I_{\prime\prime}$ bezeichnet werden soll; es ist:

$$\left.\begin{aligned} I_{\prime} &= P_{\prime} \sin\beta + S_{\prime} \cos\beta \\ I_{\prime\prime} &= P_{\prime\prime} \sin\beta + S_{\prime\prime} \cos\beta \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Ein mit AB parallel auf das Blättchen fallender Strahl, $A'B'$ giebt dieselben Intensitäten der Bewegung des Theiles der austretenden Strahlen, welcher im Azimuth β polarisirt ist. Es sind also I' und I'' die Intensitäten der Bewegung der beiden nach dem Austritt aus dem Blättchen mit einander interferirenden Strahlen. Den Unterschied ihrer Phasen haben wir vorher gefunden und mit U bezeichnet. Die Intensität des Lichtes also, welche aus der Interferenz der Strahlen $I_{\prime}$ und $I_{\prime\prime}$ entsteht, die mit A^2 bezeichnet werden möge, ist also:

$$A^2 = I_{\prime}^2 + I_{\prime\prime}^2 + 2 I_{\prime} I_{\prime\prime} \cos 2 U\pi = (I_{\prime} + I_{\prime\prime})^2 - 4 I_{\prime} I_{\prime\prime} \sin^2 U\pi$$

oder, wenn statt $I_{\prime}$, $I_{\prime\prime}$ und U ihre Werthe gesetzt werden:

$$A^2=[(P_{\prime}+P_{\prime\prime})\sin\beta+(S_{\prime}+S_{\prime\prime})\cos\beta]^2$$
$$-4(P_{\prime}\sin\beta+S_{\prime}\cos\beta)(P_{\prime\prime}\sin\beta+S_{\prime\prime}\cos\beta)\times$$
$$\times\sin^2\left\{\frac{d\sin\varphi\sin(\varphi_{\prime}-\varphi_{\prime\prime})}{\lambda\sin\varphi_{\prime}\sin\varphi_{\prime\prime}}\right\}\pi \quad . \; . \; . \; . \; (2)$$

wo $V\tau$ mit der Undulationslänge $=\lambda$ vertauscht worden ist.

Die Werthe von $P_{\prime}$, $P_{\prime\prime}$, $S_{\prime}$, $S_{\prime\prime}$ hängen mittelst $D_{\prime}$ und $D_{\prime\prime}$ von I und α ab; die genauen Ausdrücke dieser Gröfsen setzen eine Erweiterung der Theorie über die Intensität des reflectirten und gebrochenen Lichtes voraus, welche Fresnel (diese Annal. Bd. XXII S. 90) gegeben hat, nämlich ihre Ausdehnung auf die Oberflächen krystallinischer Substanzen. Aus Untersuchungen, die ich in dieser Hinsicht angestellt habe, und die ich an einem anderen Orte mittheilen werde, folgt, was auch an sich klar ist, dafs die Fresnel'schen Ausdrücke über die Intensitäten der reflectirten und gebrochenen Strahlen, obgleich sie genau nur für unkrystallinische Körper gültig sind, doch als eine erste und sehr starke Annäherung auch auf krystallinische Substanzen können angewandt werden. Die vollständigen Ausdrücke werden aufserdem so complicirt, dafs es immer von einigem Interesse seyn wird, die einfacheren angenäherten Werthe gesondert zu haben.

Wie oben bedeute φ den Einfallswinkel des Strahls AB, oder den Winkel, den seine Wellenebene mit der brechenden Ebene des Blättchens bildet, und die Winkel, welche diese brechende Ebene mit den Wellenebenen von $D_{\prime}$ und $D_{\prime\prime}$ bildet, seyen wiederum $\varphi_{\prime}$ und $\varphi_{\prime\prime}$. Es sey ψ ein Hülfswinkel $=\frac{1}{2}(\varphi_{\prime}+\varphi_{\prime\prime})$, und die Wellenebene, deren Normale in der Einfallsebene liegt, und welche mit der brechenden Ebene den Winkel ψ bildet, heifse die Hülfswelle. Man nehme nun an, die unter φ einfallende Wellenebene des Strahles I erleide nur eine einfache Brechung unter dem Winkel ψ; die gebrochene Wellenebene ist also die Hülfswelle. Die Intensität der

Bewegung in der Hülfswelle parallel mit der Einfallsebene sey D_s, senkrecht auf der Einfallsebene sey D_p. Denken wir uns diese zweierlei Bewegungen D_s und D_p zerlegt nach den zwei Richtungen, in welchen die Bewegung dieser Hülfswelle stattfinden müfste, je nachdem sie die gewöhnliche oder die ungewöhnliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit hätte, so sind die Componenten der Bewegung in diesen zwei Richtungen die angenäherten Werthe der Gröfsen, welche mit $D_{\prime}$ und $D_{\prime\prime}$ bezeichnet sind, und es sollen diese Componenten daher mit denselben Buchstaben bezeichnet werden. Es sey $x_{\prime}$ das Azimuth der Polarisationsebene der Hülfswelle in dem Falle, wenn sie sich mit der gewöhnlichen Geschwindigkeit fortpflanzte, d. i. der Winkel, den diese Polarisationsebene mit der Einfallsebene bildet, $x_{\prime\prime}$ sey das Azimuth der Polarisationsebene, wenn die Hülfswelle die ungewöhnliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit hätte. Diese beiden Polarisationsebenen stehen auf einander senkrecht, es ist also $x' + x'' = 90°$. Man hat nun:

$$D_p = D_{\prime} \sin x_{\prime} - D_{\prime\prime} \sin x_{\prime\prime}$$
$$D_s = D_{\prime} \cos x_{\prime} + D_{\prime\prime} \cos x_{\prime\prime}$$

Für D_p und D_s kann man die von Fresnel für die einfache Brechung gegebenen Ausdrücke setzen:

$$D_p = \frac{2 I \sin \alpha \sin \psi \cos \varphi}{\sin(\varphi + \psi)}$$

$$D_s = \frac{2 I \cos \alpha \sin \psi \cos \varphi}{\sin(\varphi + \psi) \cos(\varphi - \psi)}$$

Aus diesen vier Gleichungen erhält man, wegen $x_{\prime} + x_{\prime\prime} = 90°$:

$$\left.\begin{aligned} D_{\prime} &= \frac{2 I \sin \psi \cos \varphi}{\sin(\varphi + \psi)} \left\{ \cos \alpha \sin x_{\prime} + \frac{\sin \alpha \sin x_{\prime}}{\cos(\varphi - \psi)} \right\} \\ D_{\prime\prime} &= \frac{2 I \sin \psi \cos \varphi}{\sin(\varphi + \psi)} \left\{ \cos \alpha \sin x_{\prime} - \frac{\sin \alpha \cos x_{\prime}}{\cos(\varphi - \psi)} \right\} \end{aligned}\right\} \quad . . (3)$$

Die Hülfswelle kann gedacht werden als bestehend aus zwei nach $x_{\prime}$ und $x_{\prime\prime}$ polarisirten Wellenebenen; die erstere erzeugt durch ihren Austritt aus dem Krystall die

Componenten der Geschwindigkeit des gewöhnlichen Strahls, welche mit $S_{,}$ und $P_{,}$ bezeichnet worden sind; durch die zweite entstehen die Componenten des ungewöhnlichen Strahls, die mit $S_{,,}$ und $P_{,,}$ bezeichnet worden. Für diese Componenten können wiederum annäherungsweise die **Fresnel**'schen Ausdrücke angewandt werden, nämlich:

$$S_{,}=\frac{2\sin\varphi\cos\psi\cos x_{,}D_{,}}{\sin(\varphi+\psi)},\quad P_{,}=\frac{2\sin\varphi\cos\psi\sin x_{,}D_{,}}{\sin(\varphi+\psi)\cos(\varphi-\psi)}$$

$$S_{,,}=\frac{2\sin\varphi\cos\psi\sin x_{,}D_{,,}}{\sin(\varphi+\psi)},\quad P_{,,}=\frac{2\sin\varphi\cos\psi\sin x_{,}D_{,,}}{\sin(\varphi+\psi)\cos(\varphi-\psi)}$$

werden hierin die Werthe von $D_{,}$ und $D_{,,}$ gesetzt, so erhält man endlich:

$$\left.\begin{aligned}
S_{,}&=\frac{I\sin 2\varphi\sin 2\psi}{\sin^2(\varphi+\psi)}\left\{\cos\alpha\cos x+\frac{\sin\alpha\sin x}{\cos(\varphi-\psi)}\right\}\cos x\\
P_{,}&=\frac{I\sin 2\varphi\sin 2\psi}{\sin^2(\varphi+\psi)\cos(\varphi-\psi)}\left\{\cos\alpha\cos x+\frac{\sin\alpha\sin x}{\cos(\varphi-\psi)}\right\}\sin x\\
S_{,,}&=\frac{I\sin 2\varphi\sin 2\psi}{\sin^2(\varphi+\psi)}\left\{\cos\alpha\sin x-\frac{\sin\alpha\cos x}{\cos(\varphi-\psi)}\right\}\sin x\\
P_{,,}&=\frac{I\sin 2\varphi\sin 2\psi}{\sin^2(\varphi+\psi)\cos(\varphi-\psi)}\left\{\cos\alpha\sin x-\frac{\sin\alpha\cos x}{\cos(\varphi-\psi)}\right\}\cos x
\end{aligned}\right\}\quad\ldots(4)$$

woraus sich ergiebt:

$$S_{,}+S_{,,}=\frac{I\cos\alpha\sin 2\varphi\sin 2\psi}{\sin^2(\varphi+\psi)},$$

$$P_{,}+P_{,,}=\frac{I\sin\alpha\sin 2\varphi\sin 2\psi}{\sin^2(\varphi+\psi)\cos^2(\varphi-\psi)}$$

Setzt man diese Werthe der Gröfsen $S_{,}$, $S_{,,}$, $P_{,}$, $P_{,,}$ in den Ausdruck für A^2 in (2), so erhält man die Intensität der beiden interferirenden Strahlen, ausgedrückt allein durch Gröfsen, welche abhängen von der Lage der einfallenden und gebrochenen Strahlen. Wir wollen der Einfachheit wegen den gemeinschaftlichen Factor

$$\frac{\sin 2\varphi\sin 2\psi}{\sin^2(\varphi+\psi)}=B$$

setzen, alsdann wird:

$$A^2 = B^2 \Big\{ \left(\frac{\sin\alpha \sin\beta}{\cos(\varphi - \psi)} + \cos\alpha \cos\beta \right)^2 I^2$$
$$+ 4 \Big[\left(\cos\alpha \cos x + \frac{\sin\alpha \sin x}{\cos(\varphi - \psi)} \right) \times$$
$$\times \left(\cos\alpha \sin x - \frac{\sin\alpha \cos x}{\cos(\varphi - \psi)} \right) \times$$
$$\times \left(\frac{\sin x \sin\beta}{\cos(\varphi - \psi)} + \cos x \cos\beta \right) \times$$
$$\times \left(\frac{\cos x \sin\beta}{\cos(\varphi - \psi)} - \sin x \cos\beta \right) \times$$
$$\times I^2 \sin^2 \left(\frac{d \sin\varphi \sin(\varphi_{,} - \varphi_{,,})}{\lambda \sin\varphi_{,} \sin\varphi_{,,}} \right) \pi \Big] \Big\} \quad . . (5)$$

Diefs ist der angenäherte Werth der Lichtintensität für homogene Strahlen; bei weifsem Lichte hat man für jede der einzelnen Farben einen ähnlichen Ausdruck, die, nach der Newton'schen Regel componirt, die resultirende Farbe geben. Ich werde die Operation dieser Zusammensetzung einzelner Farben zu einer resultirenden durch das Zeichen Σ andeuten. In den Fällen, wo der Einflufs der verschiedenen Brechbarkeit der einzelnen Farben in dem Ausdruck von A^2 vernachlässigt werden kann, und nun ihre verschiedenen Undulationslängen zu berücksichtigen sind, erhält man, wenn $A_{,}^2$ die Intensität der resultirenden Farbe bedeutet, und I_λ^2 die Intensität der Farbe mit der Undulationslänge λ, welche im einfallenden Lichte vorhanden ist, und man setzt: $\Sigma I_\lambda^2 = W^2$

$$A_{,}^2 = B_{,}^2 \left(\cos\alpha \cos\beta + \frac{\sin\alpha \sin\beta}{\cos(\varphi - \psi)} \right)^2 W^2$$
$$- 4 B_{,}^2 \left(\cos\alpha \cos x + \frac{\sin\alpha \sin x}{\cos(\varphi - \psi)} \right) \times$$
$$\times \left(\cos\alpha \sin x - \frac{\cos x \sin\alpha}{\cos(\varphi - \psi)} \right) \times$$
$$\times \left(\cos\beta \cos x + \frac{\sin\beta \sin x}{\cos(\varphi - \psi)} \right) \times$$

$$\times\left(\cos\beta\sin x-\frac{\sin\beta\cos x}{\cos(\varphi-\psi)}\right)\times$$

$$\times\sum I_\lambda^2\sin^2\left\{\frac{d}{\lambda}\frac{\sin\varphi(\sin\varphi_{,}-\varphi_{,,})}{\sin\varphi_{,}\sin\varphi_{,,}}\right\}\ldots(6)$$

Es ist leicht hieraus der Fall herzuleiten, welchen Fresnel behandelt hat, als er die entdeckten Principien der Theorie der Farben krystallinischer Blättchen entwickelte (*Ann. de chim. T. XVII*), nämlich den Fall des senkrechten Durchgangs der Lichtwellen durch das Blättchen. Hier ist $\varphi=0=\varphi_{,}=\varphi_{,,}=\psi$, und es wird also:

$$B^2=\left(\frac{2}{1+\mu}\right)^4\mu^2 \text{ und } \cos(\varphi-\psi)=1.$$

Da die Azimuthe der Polarisationsebenen hier willkührlich werden, kann man $\alpha=0$ setzen, und dann wird x der Winkel, welchen die Polarisationsebene des einfallenden Strahls bildet mit der Polarisationsebene einer mit dem Blättchen parallelen Wellenebene, welche die gewöhnliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat, und β der Winkel, welchen die Polarisationsebene des einfallenden Strahls mit derjenigen bildet, auf welche die Polarisationsebenen der austretenden Strahlen zurückgeführt werden. Man erhält:

$$A_{,}^2=W^2\mu^2\left(\frac{2}{1+\mu}\right)^4\left\{\cos^2\beta-\sin 2x\sin 2(x-\beta)\times\right.$$

$$\left.\times\frac{1}{W^2}\Sigma J_\lambda^2\sin^2\left\{\frac{d}{\lambda}\cdot\frac{\sin\varphi\sin(\varphi_{,}-\varphi_{,,})}{\sin\varphi_{,}\sin\varphi_{,,}}\right\}\pi\right\}$$

welcher Ausdruck von dem Fresnel'schen a. a. O. sich nur dadurch unterscheidet, daſs er den constanten Factor der Intensität $\mu^2\left(\frac{2}{1+\mu}\right)^2 W^2$ enthält. Dieser Factor ist die Intensität des Lichtes, welches, wenn $\beta=0$ ist, durch eine unkrystallinische Platte, in welcher sich das Licht

mit der Geschwindigkeit μ fortpflanzt, senkrecht durchgegangen ist, oder was dasselbe ist, wenn das Krystallblättchen parallel einer der Kreisschnitte der Elasticitätsfläche ist, deren mittlere Axe $=\mu$ ist; für beide Fälle ist nämlich $\varphi_{\prime}-\varphi_{\prime\prime}=0$, und also:

$$A_{\prime}^2=\mu^2\left(\frac{2}{1+\mu}\right)^4 W^2 \cos^2\beta.$$

Aus der allgemeinen Formel (6) ersieht man, dafs das durchgehende Licht farblos ist, in folgenden vier Fällen, wodurch besondere Werthe von α und β bestimmt werden, die wir mit $\alpha_{\prime}$, $\alpha_{\prime\prime}$, $\beta_{\prime}$, $\beta_{\prime\prime}$ bezeichnen wollen:

$$1)\quad \cos\alpha_{\prime}\cos x+\frac{\sin\alpha_{\prime}\sin x}{\cos(\varphi-\psi)}=0.$$

Dieser Fall tritt ein, wenn der einfallende Strahl in einem solchen Azimuth $\alpha_{\prime}$ polarisirt ist, dafs durch die Brechung nur ein ungewöhnlicher Strahl entsteht, und die Intensität des gewöhnlichen Strahls $=0$ ist, wie aus dem Werthe von $D_{\prime}$ in (3) erhellet.

$$2)\quad \cos\alpha_{\prime\prime}\sin x-\frac{\sin\alpha_{\prime\prime}\cos x}{\cos(\varphi-\psi)}=0.$$

Hier ist das Azimuth der Polarisation $\alpha_{\prime\prime}$ des einfallenden Strahles ein solches, dafs kein ungewöhnlicher Strahl entsteht.

$$3)\quad \cos\beta_{\prime}\cos x+\frac{\sin\beta_{\prime}\sin x}{\cos(\varphi-\psi)}=0.$$

In diesem Falle steht die neue Polarisationsebene mit dem Azimuth $\beta_{\prime}$ senkrecht auf derjenigen Ebene, nach welcher der aus dem Blättchen ausgetretene, vom gewöhnlichen Strahl $D_{\prime}$ erzeugte Strahl polarisirt ist, denn die Tangente des Azimuths dieser Polarisationsebene ist:

$$\frac{P_{\prime}}{S_{\prime}}=\frac{\tang x}{\cos(\varphi-\psi)}$$

$$4)\quad \cos x\sin\beta_{\prime\prime}-\frac{\cos x\sin\beta_{\prime\prime}}{\cos(\varphi-\psi)}=0.$$

Hier steht die Polarisationsebene mit dem Azimuth $\beta_{\prime\prime}$

senkrecht auf der Polarisationsebene des durch $D_{\prime\prime}$ erzeugten heraustretenden Strahls senkrecht.

Man sieht, dafs $\alpha_{\prime}=\beta_{\prime}$ und $\alpha_{\prime\prime}=\beta_{\prime\prime}$ ist. Die Bedingung, unter welcher die beiden Azimuthe $\beta_{\prime}$ und $\beta_{\prime\prime}$, in welchem die Farben verschwinden, senkrecht gegen einander sind, ist $tang\,\beta_{\prime}\,tang\,\beta_{\prime\prime}+1=0$, d. i.:

$$sin^2(\varphi-\psi)=0.$$

Diese Rechtwinklichkeit findet also nur bei senkrechtem Einfall der Strahlen statt. Biot in seinem *Traité de Physique* giebt, wo er von den Farben der Krystallblättchen bei schiefem Einfall handelt, eine empirische Regel für die Bestimmung der Azimuthe $\beta_{\prime}$ und $\beta_{\prime\prime}$, welche diese Rechtwinklichkeit als allgemein stattfindend, wenigstens wenn das Blättchen senkrecht auf einer der Elasticitätsaxen steht, in sich schliefst, die also schon aus diesem Grunde als sich zu weit von der Wahrheit entfernend angesehen werden mufs.

§. 3.

Es ist in den beiden vorhergehenden Paragraphen der Unterschied der Phase der mit einander interferirenden Strahlen, welche durch ein Krystallblättchen gegangen sind, genau, und die resultirende Intensität annäherungsweise in so allgemein gültigen Ausdrücken gefunden worden, dafs sie auf jede durchsichtige Substanz angewandt werden können. Es bedarf zu diesem Zwecke nur der Berechnung der mit $\varphi_{\prime}$, $\varphi_{\prime\prime}$ und $x_{\prime}$ bezeichneten Winkel aus der gegebenen Lage des einfallenden Strahls, in Beziehung auf die ihrer Richtung nach im Blättchen gegebenen Elasticitätsaxen. Der Weg, diese Rechnung auszuführen, soll auch gezeigt werden.

Eine Wellenebene bewege sich mit der Geschwindigkeit V in einem unkrystallinischen Medio, und falle unter dem Winkel $_{\prime}\varphi$ auf die ebene Oberfläche I eines Krystall-Mediums. Sie erzeugt im Innern des Mediums zwei Wellenebenen, deren Fortpflanzungsgeschwindigkei-

ten $\mu_{,}$ und $\mu_{,,}$. Diese Wellenebenen $\mu_{,}$ und $\mu_{,,}$ schneiden die brechende Ebene I in derselben Linie, in welcher sie von den einfallenden Wellenebenen geschnitten wird. Die Neigungen der beiden Wellenebenen $\mu_{,}$ und $\mu_{,,}$ gegen I seyen $\varphi_{,}$ und $\varphi_{,,}$; diese beiden Winkel werden durch folgende Gleichungen bestimmt:

$$\mu' \sin\varphi = V \sin\varphi_{,}\ ,\ \mu'' \sin\varphi = V \sin\varphi_{,,} \quad \ldots \quad (1)$$

Es seyen a, b, c die Werthe der kleinsten, mittleren und gröfsten Elasticitätsaxe, und m, n, p seyen die Cosinusse der Winkel, welche die Normale von der Wellenebene V mit diesen Axen bildet; es seyen ferner $\alpha_{,}$, $\beta_{,}$, $\gamma_{,}$ und $\alpha_{,,}$, $\beta_{,,}$, $\gamma_{,,}$ die Cosinusse der Winkel, welche die Normalen der Wellenebenen $\mu_{,}$ und $\mu_{,,}$ mit ihnen bilden. Die Normale der brechenden Fläche habe zu Cosinussen ihrer Neigungen gegen dieselben Axen A, B, C. Man kann $\alpha_{,}$, $\beta_{,}$, $\gamma_{,}$ und $\alpha_{,,}$, $\beta_{,,}$, $\gamma_{,,}$ ausdrücken durch m, n, p, A, B, C und $\varphi_{,}$ und $\varphi_{,,}$; man hat aus (4) §. 1 unmittelbar:

$$\begin{aligned} \alpha_{,} &= A\cos\varphi_{,} - \sin\varphi_{,} \left\{ \frac{A\cos\varphi - m}{\sin\varphi} \right\} \\ \beta_{,} &= B\cos\varphi_{,} - \sin\varphi_{,} \left\{ \frac{B\cos\varphi - n}{\sin\varphi} \right\} \quad \ldots \quad (2) \\ \gamma_{,} &= C\cos\varphi_{,} - \sin\varphi_{,} \left\{ \frac{C\cos\varphi - p}{\sin\varphi} \right\} \end{aligned}$$

und erhält $\alpha_{,,}$, $\beta_{,,}$, $\gamma_{,,}$, wenn $\varphi_{,}$ vertauscht wird mit $\varphi_{,,}$.

Die Geschwindigkeit $\mu_{,}$ ist eine Wurzel folgender Gleichung:

$$\frac{\alpha_{,}^2}{\mu_{,}^2 - a^2} + \frac{\beta_{,}^2}{\mu_{,}^2 - b^2} + \frac{\gamma_{,}^2}{\mu_{,}^2 - c^2} = 0 \quad \ldots \quad (3)$$

Setzt man statt $\alpha_{,}$, $\beta_{,}$, $\gamma_{,}$ ihre Werthe aus (2) und statt $\mu_{,}$ sein Werth aus (1), so enthält diese Gleichung nur noch eine Unbekannte, nämlich $\varphi_{,}$, und diefs ist eine Wurzel der resultirenden Gleichung; eine andere Wurzel derselben Gleichung ist $\varphi_{,,}$, und aufserdem hat sie noch zwei Wurzeln, welche negativ sind, und denjenigen Wellenebenen im Innern des Krystall-Mediums angehören, welche entstehen würden, wenn die Wellen-

ebenen $\mu_{\prime}$ und $\mu_{\prime\prime}$ auf eine zweite mit I parallele Gränzebene des Mediums träfen, und hier nach dem Innern zurück reflectirt werden. Die resultirende Gleichung ist vom vierten Grade, und läfst sich nur in gewissen besonderen Fällen auf Gleichungen des zweiten Grades zurückführen; man kann also ihre Wurzeln nur durch Annäherungen berechnen. Da die Form aber, in welcher sie durch die angegebenen Substitutionen erscheint, hiezu nicht bequem ist, werde ich sie nicht herschreiben, sondern ihr eine andere Gestalt geben, welche dadurch entsteht, dafs man die durch $\alpha_{\prime}$, $\beta_{\prime}$, $\gamma_{\prime}$ und $\alpha_{\prime\prime}$, $\beta_{\prime\prime}$, $\gamma_{\prime\prime}$ bezeichneten Richtungen durch ihre Neigungen gegen die optischen Axen bestimmt.

Die Normale irgend einer Wellenebene sey durch die Cosinusse α, β, γ bestimmt, und die ihr angehörenden beiderlei Fortpflanzungsgeschwindigkeiten durch $(\mu)_{\prime}$ und $(\mu)_{\prime\prime}$, so sind diefs die beiden Wurzeln der quadratischen Gleichung:

$$\frac{\alpha^2}{\mu^2-a^2}+\frac{\beta^2}{\mu^2-b^2}+\frac{\gamma^2}{\mu^2-c^2}=0.$$

Entwickelt man diese Gleichung nach den Potenzen von μ^2:

$$\mu^4-\mu^2[a^2+b^2+c^2-(a^2\alpha^2+b^2\beta^2+c^2\gamma^2)] \\ +\alpha^2 b^2 c^2+\beta^2 a^2 c^2+\gamma^2 a^2 c^2=0$$

so hat man:

$$(\mu)_{\prime}^2+(\mu)_{\prime\prime}^2=a^2+b^2+c^2-(a^2\alpha^2+b^2\beta^2+c^2\gamma^2) \quad . \quad . \quad (4)$$

und nach einigen Reductionen findet man:

$$(\mu)_{\prime}^2-(\mu)_{\prime\prime}^2=\sqrt{\{[\alpha^2(c^2-b^2)+\beta^2(c^2-a^2)+\gamma^2(b^2-a^2)]^2 \\ -4\alpha^2\gamma^2(b^2-a^2)(c^2-b^4)\}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Die Werthe $(\mu)_{\prime}^2+(\mu)_{\prime\prime}^2$ und $(\mu)_{\prime}^2-(\mu)_{\prime\prime}^2$ können auf eine einfache Weise ausgedrückt werden durch die Winkel u und v, welche die durch α, β, γ bestimmte Richtung mit den optischen Axen bildet. Die Cosinusse der Winkel, welche die optischen Axen mit den drei Elasticitätsaxen a, b, c bilden, sind nämlich:

$$\pm\sqrt{\frac{b^2-a^2}{c^2-a^2}}\;,\;0\;,\;\sqrt{\frac{c^2-b^2}{c^2-a^2}}$$

und man hat also:

$$\left.\begin{aligned}\cos u &= \frac{\alpha\sqrt{b^2-a^2}+\gamma\sqrt{c^2-b^2}}{\sqrt{c^2-a^2}}\\ \cos v &= \frac{-\alpha\sqrt{b^2-a^2}+\gamma\sqrt{c^2-b^2}}{\sqrt{c^2-a^2}}\end{aligned}\right\} \quad \ldots (6)$$

Wenn man diese beiden Cosinusse mit einander multiplicirt, so erhält man hieraus:

$$(c^2-a^2)\cos u \cos v = -b^2+a^2\alpha^2+b^2\beta^2+c^2\gamma^2,$$

und addirt man diese Gleichung zu (4), so findet sich:

$$(\mu)_{,}^2+(\mu)_{,,}^2 = a^2+c^2-(c^2-a^2)\cos u \cos v \quad \ldots (7)$$

Aus (6) zieht man:

$$\sqrt{c^2-a^2}\sin u = \sqrt{\{\alpha^2(c^2-b^2)+\beta^2(c^2-a^2) + \gamma^2(b^2-a^2)-2\alpha\gamma\sqrt{(b^2-a^2)(c^2-b^2)}\}}$$

$$\sqrt{c^2-a^2}\sin v = \sqrt{\{\alpha^2(c^2-b^2)+\beta^2(c^2-a^2) + \gamma^2(b^2-a^2)+2\alpha\gamma\sqrt{(b^2-a^2)(c^2-b^2)}\}}$$

Multiplicirt man diese beiden Ausdrücke mit einander und vergleicht das Product mit (5), so findet man:

$$(\mu)_{,,}^2-(\mu)_{,} = (c^2-a^2)\sin u \sin v \quad \ldots (8)$$

Aus (7) und (8) erhält man:

$$\left.\begin{aligned}(\mu)_{,}^2 &= \frac{a^2+c^2}{2}-\frac{c^2-a^2}{2}\cos(u-v)\\ (\mu)_{,,}^2 &= \frac{a^2+c^2}{2}+\frac{c^2-a^2}{2}\cos(u+v)\end{aligned}\right\} \quad \ldots (9)$$

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Wellenebenen besitzen also in Beziehung auf die optischen Axen ein ganz ähnliches Gesetz, wie die umgekehrten Geschwindigkeiten der Strahlen in Beziehung auf die Strahlenaxen [1]).

Wenden wir diefs Resultat auf die Gleichung (1) an. Wir nennen u', v' die Winkel, welche die Normale der unter $\varphi_{,}$ gegen die brechende Fläche I geneigten Wellenebene mit den optischen Axen bildet, und u'',

1) Wenn U und V diejenigen Winkel sind, welche ein Strahl mit den Strahlenaxen bildet, und G seine Fortpflanzungsgeschwindigkeit, so ist bekanntlich:

$$\frac{1}{G^2} = \tfrac{1}{2}\left(\frac{1}{a^2}+\frac{1}{c^2}\right)-\tfrac{1}{2}\left(\frac{1}{c^2}-\frac{1}{a^2}\right)\cos(U\pm V).$$

v'' diejenigen, welche diese Axen mit der Normale der unter $\varphi_{\prime\prime}$ geneigten Wellenebene. Alsdann verwandeln sich jene Gleichungen (1) in folgende:

$$\left.\begin{aligned} V^2 \sin^2 \varphi_{\prime} &= \sin^2 \varphi \left\{ \frac{a^2+c^2}{2} - \frac{c^2-a^2}{2} \cos(u'-v') \right\} \\ V^2 \sin^2 \varphi_{\prime\prime} &= \sin^2 \varphi \left\{ \frac{a^2+c'^2}{2} - \frac{c^2-a^2}{2} \cos(u''+v'') \right\} \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Die Winkel u', v' hängen ab von der Lage der brechenden Fläche, von der Lage der Linie, in welcher sie sich mit der einfallenden Wellenebene schneidet, und von dem Winkel $\varphi_{\prime}$; es sind also bekannte Functionen dieses Winkels $\varphi_{\prime}$; und $u_{\prime\prime}$, $v_{\prime\prime}$ sind dieselben Functionen von $\varphi_{\prime\prime}$. Aus (10) lassen sich also diese beiden Winkel bestimmen.

Die Normale der brechenden Fläche bilde mit den optischen Axen die Winkel P, Q. Das Azimuth des einfallenden Strahls, d. h. der Winkel, welchen die Einfallsebene mit einer durch die Normale von I gelegten festen Ebene bildet, sey ω; diese feste Ebene sey so gelegt, daſs sie den Winkel $2k$ halbirt, welcher von den zwei Ebenen eingeschlossen ist, die durch die Normale von I und die beiden optischen Axen gelegt ist, und zwar so, daſs sie zwischen den beiden Axen durchgeht, da wo diese den spitzeren Winkel einschlieſsen. Es seyen, Fig. 5 Taf. I, O und O' die Durchschnittspunkte einer um den Mittelpunkt C der Elasticitätsfläche beschriebenen Kugel mit den optischen Axen, I der Durchschnitt dieser Kugel mit der Normale der brechenden Fläche, E der Durchschnitt mit dem einfallenden Strahl, $\mu_{\prime}$ mit der Normale der Wellenebene μ. Die Bogen IO, IO' und $\mu'O$, $\mu'O'$ entsprechen den Winkeln P, Q und $u_{\prime}$, $v_{\prime}$; der Bogen IH halbirt den Winkel $OIO'=2K$ und HIE ist das Azimuth des einfallenden Strahls, $=\omega$. Der Bogen IE entspricht dem Winkel φ, und $I\mu'$ dem Winkel $\varphi_{\prime}$. Für die Bogen u' und

v' haben wir als Seiten in den Dreiecken $OI\mu'$ und $O'I\mu'$:

$$\left.\begin{aligned} \cos u' &= \cos P \cos \varphi_{,} + \sin P \sin \varphi_{,} \cos(\omega + k) \\ \cos v' &= \cos Q \cos \varphi_{,} + \sin Q \sin \varphi_{,} \cos(\omega - k) \end{aligned}\right\} \quad \ldots (11)$$

Dieselben Ausdrücke verwandeln sich in die Werthe von $\cos u''$ und $\cos v''$, wenn $\varphi_{,}$ vertauscht wird mit $\varphi_{,,}$. Die Gleichungen (10) und (11) combinirt, bestimmen die gesuchten Winkel $\varphi_{,}$ und $\varphi_{,,}$, und sind sehr geeignet, dieselben durch Näherungen zu berechnen, welche Näherungen auf der Kleinheit der Gröfse $\frac{1}{2}(a-c)$ beruhen. Genügt es nur die erste Potenz von dieser Gröfse zu berücksichtigen, so kann man in (11) statt $\sin \varphi_{,}$ setzen $\frac{1}{V}\sqrt{\frac{a+c}{2}} \sin \varphi$, und die hieraus sich ergebenden Werthe für $\cos u'$ und $\cos v'$, welche ich mit $\cos u$ und $\cos v$ bezeichne, in (10) substituirt, geben $\sin \varphi_{,}$ und $\sin \varphi_{,,}$ richtig bis zur zweiten Potenz von $\frac{1}{2}(c^2 - a^2)$. Diese Werthe von $\varphi_{,}$ und $\varphi_{,,}$ in (11) von Neuem gesetzt, die daraus hervorgehenden Werthe für u', v' und μ'', v'' in (10) substituirt, geben eine neue Annäherung für $\varphi_{,}$ und $\varphi_{,,}$, die bis auf die dritte Potenz von $\frac{c^2 - a^2}{2}$ richtig ist. Weiter wird es selten nöthig seyn die Annäherungen zu treiben. Für den bis auf die erste Potenz von $\frac{c^2 - a^2}{2}$ angenäherten Werth hat man also, wenn $V = 1$ gesetzt wird:

$$\left.\begin{aligned} \cos u = \cos P &\sqrt{1 - \frac{a^2 + c^2}{2} \sin^2 \varphi} \\ &+ \sin P \sqrt{\frac{a^2 + c^2}{2}} \sin \varphi \cos(\omega + k) \\ \cos v = \cos Q &\sqrt{1 - \frac{a^2 + c^2}{2} \sin^2 \varphi} \\ &+ \sin Q \sqrt{\frac{a^2 + c^2}{2}} \sin \varphi \cos(\omega - k) \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

$$\left.\begin{aligned} \sin^2\varphi_{,} &= \sin^2\varphi\left\{\frac{a^2+c^2}{2} - \frac{c^2-a^2}{2}\cos(u-v)\right\} \\ \sin^2\varphi_{,,} &= \sin^2\varphi\left\{\frac{a^2+c^2}{2} - \frac{c^2-a^2}{2}\cos(u+v)\right\} \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

Zieht man die letztere Gleichung in (13) von der ersteren ab, so erhält man:

$$\sin(\varphi_{,}-\varphi_{,,}) = \frac{(c^2-a^2)\sin^2\varphi\,\sin u \sin v}{\sin(\varphi_{,}+\varphi_{,,})},$$

worin man, da dieser Ausdruck nur bis auf die erste Potenz von c^2-a^2 richtig ist, statt $\sin(\varphi_{,}+\varphi_{,,})$ setzen mufs:

$$2\sqrt{\frac{a^2+c^2}{2}}\sin\varphi\sqrt{1-\frac{a^2+c^2}{2}\,.\,\sin^2\varphi},$$

so dafs also:

$$\sin(\varphi_{,}-\varphi_{,,}) = \frac{c^2-a^2}{2}\,\frac{\sin\varphi\,\sin u\,\sin v}{\sqrt{\frac{a^2+c^2}{2}}\sqrt{1-\frac{a^2+c^2}{2}\sin^2\varphi}}$$

Setzt man diesen Ausdruck in den Werth von U, §. 1 (9), und zugleich statt $\sin\varphi_{,}\sin\varphi_{,,}$ den angenäherten Werth $\frac{a^2+c^2}{2}\sin^2\varphi$, so erhält man als erste Annäherung für das Gesetz der Farben in zweiaxigen Krystallen:

$$U = \frac{d}{\lambda}\cdot\frac{c^2-a^2}{c^2+a^2}\cdot\frac{\sin u\,\sin v}{\sqrt{\frac{a^2+c^2}{2}}\sqrt{1-\frac{a^2+c^2}{2}\sin^2\varphi}}.$$

Berichtigung. S. 270 Z. 19 mufs es statt $x'+x''=90^0$ heifsen: $x_{,}+x_{,,}=90^0$, und auf S. 271 bis 274 überall $x_{,}$ statt x.

XXIX. *Erklärung der isochromatischen Farben, welche einaxige parallel mit der Axe geschnittene Krystalle in homogenem polarisirten Lichte zeigen; vom Dr. Johann Müller in Darmstadt.*

Die Grundsätze der Vibrationstheorie sind in dem Folgenden als bekannt vorausgesetzt; um sie gründlich kennen zu lernen, ist nichts mehr zu empfehlen, als Fresnel's Schriften über diesen Gegenstand zu studiren [1]). Der englische Physiker Airy hat, gestützt auf eben diese Grundsätze, die Erscheinungen, welche einaxige senkrecht auf die Axe geschnittene Krystalle im polarisirten Lichte zeigen, berechnet, und auch die Erscheinung erklärt, welche dadurch hervorgebracht wird, dafs man ein sogenanntes Fresnel'sches Glasparallelopiped mit einem solchen Krystalle verbindet [2]). Auch die eigenthümlichen

1) Besonders in der Abhandlung über die Doppelbrechung in diesen Annalen, Bd. XXIII S. 372 und 494, und die über die Diffraction, Annal. Bd. XXX S. 100.

2) Bringt man zwischen zwei gekreuzte Turmalinplatten einen einaxigen senkrecht auf die Axe geschnittenen Krystall und ein Fresnel'sches Glasparallelopiped, dessen Reflexionsebene einen Winkel von 45° mit den Polarisationsebenen der Turmaline macht (es ist einerlei, ob vor oder hinter dem Krystall), so wird man die Erscheinung sehen, welche Airy in seiner Abhandlung (übersetzt in Poggendorff's Annalen, Bd. XXIII S. 211 und 226) beschrieben und erklärt hat. Es ist zu verwundern, dafs er nicht seine Rechnung auch auf den Fall ausgedehnt hat, dafs zwei solcher Parallelopipede mit dem Krystall combinirt werden. Bringt man nämlich vor und hinter dem Krystall ein solches Parallelopiped in die eben erwähnte Lage, so sieht man sehr schöne, vollkommen ununterbrochene runde Ringe, und in der Mitte nach Umständen einen hellen oder dunkeln Fleck. (Vergl. Ann. XXVI S. 143.) Ich habe diesen Fall berechnet, und ebenfalls ein vollkommen genügendes Resultat gefunden.

Erscheinungen der sogenannten Circularpolarisation in Quarzplatten hat er mit Hülfe einiger von ihm selbst aufgestellten Hypothesen über Circularvibrationen im Quarz berechnet, und seine Resultate zeigen eine überraschende Uebereinstimmung mit der Erfahrung.

In dem Folgenden will ich nun versuchen, nach Fresnel's Principien die Curven zu berechnen, welche man in einaxigen *parallel* mit der Axe geschnittenen Krystallen beobachtet, wenn man sie zwischen zwei Turmalinplatten bringt und nach einem homogenen Lichte sieht.

Entwicklung eines allgemeinen Ausdrucks für die Intensität eines Lichtstrahls, welcher durch zwei Turmalinplatten und eine dazwischen liegende Platte eines doppelt brechenden Krystalls gegangen ist.

Trifft ein polarisirter Strahl, dessen Richtung in *c*, Fig. 6 Taf. I, und dessen Schwingungsebene in *acb* projicirt seyn mag, eine doppeltbrechende Krystallplatte, so theilt er sich in zwei ebenfalls polarisirte Strahlen, deren Schwingungsebenen, die in *gcd* und *ecf* projicirt seyn mögen, einen rechten Winkel mit einander machen. Nehmen wir nun an, dafs der Hauptschnitt des Krystalls für den einfallenden Strahl in *gcd* projicirt sey, so ist derjenige der beiden Strahlen, dessen Schwingungsebene *ecf* ist, der ordentliche, der andere hingegen der aufserordentliche Strahl [1]).

Ist J die absolute Geschwindigkeit der Vibrationen des ursprünglichen Strahls, d. h. die Geschwindigkeit, mit welcher ein schwingendes Aethermolecül des einfallenden Strahls durch die Lage des Gleichgewichts geht, so ist $J \cos v$ die absolute Geschwindigkeit der Vibrationen im aufserordentlichen, $J \sin v$ die absolute Geschwindigkeit derselben im ordentlichen Strahl, wenn v den Winkel

1) Bekanntlich macht die Schwingungsebene eines polarisirten Strahls mit seiner Polarisationsebene einen rechten Winkel.

gcb bezeichnet, welchen der Hauptschnitt mit der Schwingungsebene des einfallenden Strahls macht.

Es sey, Fig. 7 Taf. I, *ABCD* der Durchschnitt der Krystallplatte mit der Einfallsebene des Strahls *ab*, der sich durch die doppelte Brechung in die Strahlen *bc* und *bd* theilt [1]), so werden diese nach *ce* und *df*, parallel mit *ab* austreten, vorausgesetzt, dafs die Austrittsfläche *CD* parallel mit der Eintrittsfläche *AB* ist. Lassen wir nun aber umgekehrt zwei parallele in einer Ebene schwingende Strahlen in eben diesen Richtungen *ec* und *fd* an der Fläche *CD* eintreten, so ist klar, dafs jeder in zwei Strahlen gebrochen wird, und zwar so, dafs in *b* ein ordentlicher und ein aufserordentlicher Strahl zusammentreffen, welche ursprünglich verschiedenen Strahlen angehörten, nun aber nach einer und derselben Richtung *ba* austreten. Die beiden in *b* zusammentreffenden Strahlen haben aber im Krystall verschiedene Wege zurückgelegt, und die Wellenlängen sind auf beiden Wegen auch ungleich; folglich liegen zwischen dem gemeinschaftlichen Ursprung beider Strahlen und dem Punkte *b* auf dem Wege des ordentlichen Strahls eine bestimmte Anzahl (ϑ) Wellenlängen mehr oder weniger, als auf dem Wege des aufserordentlichen.

Bezeichnen wir durch

$$J \cos v \sin 2\pi g$$

die Geschwindigkeit, mit welcher ein in *b* gelegenes Aethermolecül zu einer bestimmten Zeit durch den aufserordentlichen Strahl afficirt wird, so ist:

$$J \sin v \sin 2\pi(g \pm \vartheta)$$

die Geschwindigkeit, welche ihm gleichzeitig der ordentliche Strahl mittheilt.

Obgleich nun diese Strahlen von *b* an nach derselben Richtung *ba* gehen, so können sie doch nicht inter-

1) Im Allgemeinen liegt nur der ordentliche Strahl mit dem Einfallslothe und dem einfallenden Strahl in einer Ebene.

feriren, weil ihre Schwingungsebenen einen rechten Winkel mit einander machen.

Zerlegen wir aber die Vibrationen der austretenden Strahlen durch eine Turmalinplatte, deren Schwingungsebene lch, Fig. 6 Taf. I, seyn mag, welche einen Winkel v' mit dem Hauptschnitt des Krystalls macht, so können nun die beiden Strahlen interferiren. Wenn die Geschwindigkeit, welche der aufserordentliche Strahl einem in der Richtung ba liegenden Molecül zu irgend einer Zeit mittheilt, reducirt auf die Schwingungsebene des zweiten Turmalins

$$J \cos v \cos v' \sin 2\pi g$$

ist, so ist die durch den ordentlichen Strahl in derselben Ebene dem Molecül gleichzeitig mitgetheilte Geschwindigkeit:

$$J \sin v \sin v' \sin 2\pi(g \pm \vartheta).$$

Die Geschwindigkeit, mit welcher das Molecül nun wirklich afficirt seyn wird, ist demnach:

$$J[\cos v \cos v' + \sin v \sin v' \sin 2\pi g(g \pm \vartheta) \quad . \; . \; . \; (1)$$

wenn die Schwingungsebene des zweiten Turmalins innerhalb des Winkels gce fällt, hingegen:

$$J[\cos v \cos v' \sin 2\pi g - \sin v \sin v' \sin 2\pi(g \pm \vartheta)]$$

oder, was dasselbe ist:

$$J[\cos v \cos v' \sin 2\pi g + \sin v \sin v' \sin 2\pi(g + \vartheta + \tfrac{1}{2})] \quad . \; . \; (2)$$

wenn sie innerhalb des Winkels gcf fällt. Es ist zu bemerken, dafs man in (1) nur $\vartheta + \frac{1}{2}$ für ϑ zu setzen braucht, um (2) zu erhalten.

Der Ausdruck bei (1) läfst sich verwandeln in:

$$J[(\cos v \cos v' + \sin v \sin v' \cos 2\pi\vartheta) \sin 2\pi g$$
$$+ \sin v \sin v' \sin 2\pi\vartheta \cos 2\pi g],$$

woraus sich für die Intensität S des resultirenden Strahls ergiebt:

$$S = J^2 [(\cos v \cos v' + \sin v \sin v' \cos 2\pi\vartheta)^2$$
$$+ \sin v^2 \sin v'^2 \sin 2\pi\vartheta^2],$$

oder:

$$S = J^2 [\cos(v - v')^2 - \tfrac{1}{2} \sin 2v \sin 2v' (1 + \cos 2\pi\vartheta)] \quad . \; . \; . \; (3)$$

Diese Formel giebt uns allgemein die Intensität eines jeden Lichtstrahls, welcher durch zwei Turmaline und eine zwischen beiden liegende doppelt brechende Krystallplatte gegangen ist, wenn wir nur ϱ, ϱ' und ϑ gehörig bestimmen. ϱ und ϱ' sind immer unmittelbar gegeben, ϑ aber hängt von der Natur des doppeltbrechenden Krystalls, von der Richtung seiner Oberflächen gegen die Axen der doppelten Brechung und von der Richtung des einfallenden Strahls ab, und erst wenn diefs alles bestimmt ist, kann man ϑ berechnen. Wir wollen jetzt zur Bestimmung von ϑ für den Fall übergehen, dafs der zu betrachtende Krystall nur Eine optische Axe hat, und dafs er parallel mit dieser Axe geschnitten ist.

Berechnung von ϑ für einaxige parallel mit der Axe geschnittene Krystalle.

Das Umdrehungsellipsoid, dessen Gleichung ist:

$$A^2 x^2 + B^2 y^2 + A^2 z^2 = A^2 B^2 \quad \ldots\ldots (4)$$

stellt nach **Fresnel's** Theorie die Wellenoberfläche des aufserordentlichen Strahls in einem einaxigen Krystall dar, dessen optische Axe mit der Axe der y zusammenfällt. Vermittelst dieser Wellenoberfläche läfst sich nun nach der bekannten, schon von **Huyghens** angegebenen Construction die Richtung des aufserordentlichen Strahls nach der Brechung bestimmen, wenn die Neigung der brechenden Oberfläche gegen die optische Axe und die Richtung des einfallenden Strahls bekannt ist. Die Gleichung der mit der Axe parallelen Oberfläche sey:

$$z = 0.$$

Wenn die Linie, in welcher der einfallende Strahl auf den Krystall trifft, einen Winkel i mit der Axe der z, und ihre Projection auf die Ebene, die xy einen Winkel α mit der Axe der x macht, so sind ihre Gleichungen:

$$\left.\begin{array}{l} y = \tan \alpha . x \\ z = \dfrac{\cot i}{\cos \alpha} . x \end{array}\right\}$$

Um nun die Richtung des Strahls nach der Brechung zu construiren, mufs man mit der Richtung des Strahls, welche durch ab, Fig. 8 Taf. I, dargestellt werden mag, während AB den Durchschnitt der Ebene der xy mit der Ebene der Figur bezeichnet, eine andere cd parallel ziehen, und zwar so, dafs wenn man von b ein Perpendikel auf sie fällt, der Fufspunkt e desselben um die Länge einer Welle in der Luft von d entfernt ist. Setzen wir die Wellenlänge gleich 1, so ist $ed = 1$, $bd = \frac{1}{\sin i}$. Durch den Punkt d nun hat man eine Linie so zu legen, dafs sie in der Ebene der xy liegt und senkrecht auf cd steht. Man findet leicht, dafs die Gleichungen dieser Linie:

$$\left.\begin{array}{l} z = 0 \\ y + \cot \alpha . x = \dfrac{1}{\sin \alpha . \sin i} \end{array}\right\} \dots\dots (5)$$

sind. Legt man nun durch diese Linie eine Berührungsebene an das Ellipsoid, so giebt bekanntlich der von dem Mittelpunkt desselben nach dem Berührungspunkt gezogene Radius vector die Richtung des gebrochenen Strahls an, die Länge desselben aber die Wellenlänge eines in dieser Richtung durch den Krystall gehenden Strahls.

Die Gleichungen einer durch den Punkt

$$z = 0,\ x = 0,\ y = \frac{1}{\sin i \sin \alpha}$$

der Linie bei (5) gehenden Ebene ist:

$$z + \gamma x + \beta\left(y - \frac{1}{\sin i \sin \alpha}\right) = 0 \ \dots\dots (6)$$

Soll diese Ebene das Ellipsoid berühren, so mufs der erste Differentialquotient von z in Beziehung auf x aus (4) gleich dem entsprechenden Differentialquotienten aus (6) seyn. Dasselbe mufs auch für die in Beziehung auf

y genommenen Differentialquotienten von z stattfinden. Gleichung (4) giebt:

$$\frac{dz}{dx} = -\frac{x}{z}, \quad \frac{dz}{dy} = -\frac{B^2 y}{A^2 x}$$

Gleichung (6) giebt:

$$\frac{dz}{dx} = -\gamma, \quad \frac{dz}{dy} = -\beta,$$

es mufs also nach obiger Bedingung:

$$\gamma = \frac{x}{z}$$

$$\beta = \frac{B^2 y}{A^2 z}$$

seyn. Substituirt man nun diese Werthe in (6), multiplicirt alsdann die ganze Gleichung mit $A^2 z$ und zieht die Gleichung (4) von ihr ab, so bleibt:

$$\frac{y}{\sin\alpha \sin i} = A^2$$

oder:

$$y = A^2 \sin i \sin\alpha \, \ldots \ldots \ldots \, (7)$$

Diefs ist die Gleichung einer Ebene, welche die Berührungspunkte des Ellipsoids mit sämmtlichen durch den erwähnten Punkt an dasselbe gelegten Berührungsebenen enthält. Die Gleichung einer Ebene, welche auf dieselbe Weise dem Punkte $z=0$, $y=0$, $x=\frac{1}{\sin i \cos\alpha}$ der Linie bei (6) entspricht, ist:

$$x = B^2 \sin i \cos\alpha \, \ldots \ldots \ldots \, (8)$$

Eine durch die Linie bei (5) an das Ellipsoid gelegte Berührungsebene mufs aber das Ellipsoid in einem Punkte berühren, welcher den Ebenen (7) und (8) gemeinschaftlich ist; durch Combination der Gleichungen (4), (7) und (8) müssen sich also die Coordinaten des Berührungspunktes bestimmen lassen. Die Gleichungen (7) und (8) geben unmittelbar die Werthe von x und y; substituirt man sie in (4) und bringt z auf eine Seite, so kommt

$$z^2 = B^2 [1 - \sin i^2 (B^2 \cos \alpha^2 + A^2 \sin \alpha^2)].$$

Es läfst sich nun leicht die Länge λ des erwähnten Radius vector bestimmen, es ist nämlich:

$$\lambda^2 = x^2 + y^2 + z^2 = B^2 + A^2 \sin i^2 \sin \alpha^2 (A^2 - B^2) \quad .. (9)$$

Die Gleichungen der Linie, mit welcher dieser Radius vector zusammenfällt, sind:

$$\left.\begin{aligned} z &= \frac{\sqrt{1 - \sin i^2 (B^2 \cos \alpha^2 + A^2 \sin \alpha^2)}}{B \sin i \cos \alpha} x \\ y &= \frac{A^2 \tan g \alpha}{B^2} x \end{aligned}\right\}$$

Ist der Krystall mit parallelen Ebenen begränzt, so ist die Gleichung der Austrittsfläche:

$$z = T,$$

wenn T die Dicke der Krystallplatte bezeichnet. Diese Ebene wird von dem in Rede stehenden Strahl in einem Punkte getroffen, dessen Coordinaten sind:

$$\left.\begin{aligned} z &= T \\ x &= \frac{TB^2 \sin i \cos \alpha}{B\sqrt{[1 - (A^2 \sin \alpha^2 + B^2 \cos \alpha^2) \sin i^2]}} \\ y &= \frac{TA^2 \sin i \sin \alpha}{B\sqrt{[1 - (A^2 \sin \alpha^2 + B^2 \cos \alpha^2) \sin i^2]}} \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Das Quadrat der Entfernung D des Eintrittspunktes vom Austrittspunkt erhält man, wenn man die Werthe von x, y und z bei (10) quadrirt und addirt, und aus der Summe die Wurzel zieht. Dividirt man den gefundenen Werth von D durch den aus (9) gezogenen Werth von λ, so erhält man die Anzahl der Wellenlängen, welche auf dem Wege des aufserordentlichen Strahls innerhalb des Krystalls liegen; man erhält:

$$\frac{D}{\lambda} = \frac{T}{B\sqrt{[1 - A^2 \sin \alpha^2 + B^2 \cos \alpha^2) \sin i^2]}} \quad .. (11)$$

Die Coordinaten des Punktes, in welchem der zu dem bisher betrachteten Strahl gehörige ordentliche die Aus-

trittsfläche trifft, erhält man, wenn man in (10) $B=A$ setzt; es kommt alsdann:

$$\left.\begin{array}{l} z=T \\ x=\dfrac{A\,T\sin i\cos\alpha}{\sqrt{[1-A^2\sin i^2]}} \\ y=\dfrac{A\,T\sin i\sin\alpha}{\sqrt{[1-A^2\sin i^2]}} \end{array}\right\} \ldots\ldots (12)$$

Setzen wir auch in (11) $B=A$, so erhält man die Anzahl der Wellenlängen, welche auf dem Wege des ordentlichen Strahls innerhalb des Krystalls liegen, sie ist:

$$\frac{D'}{\lambda'}=\frac{T}{A\sqrt{[1-A^2\sin i^2]}} \ldots\ldots\ldots (13)$$

Ist der Krystall, von dem es sich handelt, negativ, so ist bc, Fig. 7 Taf. I, der ordentliche, bd der aufserordentliche Strahl, mithin bezeichnet (11) die Anzahl der Wellenlängen, welche zwischen b und d, (13) die Anzahl der Wellenlängen, welche zwischen b und c liegen; bei positiven Krystallen ist es gerade umgekehrt, indem bei diesen bc der aufserordentliche, bd aber der ordentliche Strahl ist; wir wollen vor der Hand annehmen, dafs wir mit einem negativen Krystall zu thun haben, dafs also $A<B$.

Es ist klar, dafs wenn fd und ec, Fig. 7 Taf. 1, die beiden parallel in den Krystall eintretenden Strahlen sind, von denen oben gesprochen wurde, zwei Aethermolecüle, welche sich in solchen Punkten dieser Strahlen befinden, welche man durch eine senkrecht auf beiden Strahlen stehende Linie sich verbunden denken kann, wie z. B. d und g, sich immer in gleichen Schwingungszuständen befinden. Von den Punkten d und g an laufen die Strahlen db und gcb nicht mehr parallel, und haben auf ihren Wegen auch nicht mehr gleiche Wellenlängen. Die Gröfse ϑ aber findet man nun leicht, wenn man die Anzahl der Wellenlängen, welche zwischen b und d liegen, von der auf dem Wege gcb liegenden abzieht.

Da nun die Anzahl der Wellenlängen zwischen b

und d, und zwischen c und b bekannt ist, so fehlt zur Bestimmung von ϑ weiter nichts mehr als die zwischen g und c liegende Anzahl von Wellenlängen, die wir jetzt bestimmen wollen.

Legt man durch d eine Ebene, welche senkrecht auf dem einfallenden Strahl steht, so trifft diese den Strahl ec im Punkte g, dessen Coordinaten sich leicht ermitteln lassen; sind diese bekannt, so kann man vermittelst ihrer die Entfernung P der Punkte c und g von einander bestimmen, da ja auch die Coordinaten des Punktes c bekannt sind, man findet:

$$P = T\sin i^2 \left\{ \frac{A}{\sqrt{[1-A^2\sin i^2]}} - \frac{A^2\sin\alpha^2 + B^2\cos\alpha^2}{B\sqrt{[1-(A^2\sin\alpha^2+B^2\cos\alpha^2)\sin i^2]}} \right\}$$

welches auch der zwischen c und g liegenden Anzahl von Wellenlängen gleich ist, da wir die Wellenlänge für die Luft gleich 1 gesetzt haben, und demnach ist:

$$\vartheta = P + \frac{D'}{\lambda'} - \frac{D}{\lambda}$$

$$= T\left\{ \frac{B-A}{AB} + \frac{3\sin i^2}{2B}(AB - A^2\sin\alpha^2 - B^2\cos\alpha^2) \right\}$$

wenn man nämlich den Ausdruck von ϑ nach Potenzen von $\sin i$ entwickelt und bei der zweiten stehen bleibt. Dieser Werth läfst sich auch so ausdrücken:

$$\vartheta = T\left\{ \frac{B-A}{AB} - \frac{3\sin i^2}{2B}(B-A)[B-(A+B)\sin\alpha^2] \right\} \quad (14)$$

Für positive Krystalle, für welche $B < A$ ändert dieser Werth das Zeichen, aufserdem bleibt es unverändert.

Construction der isochromatischen Curven.

In dem Falle, welchen wir bisher betrachtet haben, liegt die Axe des Krystalls parallel mit den beiden Flächen, durch welche die zu untersuchenden Strahlen ein und austreten, daraus folgt aber, dafs, welche auch die Richtung des einfallenden Strahls seyn mag, die Rich-

tung des Hauptschnitts immer parallel mit *gcd*, Fig. 6 Taf. I, bleibt, dafs also in unserem Fall ϱ und ϱ' constante Gröfsen sind.

Setzen wir $\varrho=\varrho'=0$, oder $\varrho=\varrho'=90°$, so giebt die Formel bei (3):

$$S=J^2,$$

was auch ϑ für einen Werth haben mag, d. h. wenn die Schwingungsebenen der beiden Turmaline parallel sind, und die Axe des Krystalls parallel mit denselben liegt oder senkrecht auf ihnen steht, so ist die Intensität aller durchgehenden Strahlen gleich der Intensität der einfallenden (wenn man freilich den Verlust an Intensität durch die Färbung der Turmaline und die theilweise Reflexion an den Ein- und Austrittsflächen nicht in Anschlag bringt).

Ist aber $\varrho=0$ und $\varrho'=90°$, oder $\varrho=90°$ und $\varrho'=0$, so erhalten wir aus (3):

$$S=0,$$

d. h. wenn die Schwingungsebenen der Turmaline gekreuzt sind und die optische Axe des Krystalls mit einer derselben parallel ist, so geht gar kein Licht durch.

Lassen wir nun $\varrho=\varrho'=45°$ seyn, so giebt uns (3):

$$S=J^2[1-\tfrac{1}{2}(1+\cos 2\pi\vartheta)]$$

oder:

$$S=\frac{J^2}{2}[1-\cos 2\pi\vartheta] \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

Hier sieht man nun leicht ein, dafs wenn ϑ ein Vielfaches von 1 ist, $S=0$, hingegen wenn ϑ ein ungerades Vielfaches von $\frac{1}{2}$ ist $S=J^2$ seyn wird; für alle zwischenliegende Werthe von ϑ bekommt man auch Werthe welche zwischen J^2 und 0 fallen. Da aber nun bei ein und demselben Werthe von T, also bei einer und derselben Krystallplatte, der Werth von ϑ sich durch Veränderung von i und α ändert, welche die Richtung der aus dem Krystall in's Auge kommenden Strahlen bestimmen, so sind offenbar die Strahlen, welche von verschiedenen

Stellen des Krystalls in's Auge kommen, auch verschieden intensiv.

Wir wollen jetzt den Zusammenhang, welcher zwischen den gleich hellen (isochromatischen) Stellen stattfindet, näher betrachten, d. h. die Form der isochromatischen Curven bestimmen.

Denken wir uns von dem betrachtenden Auge ein Perpendikel auf die Oberfläche des Krystalls gefällt, und durch den Fuſspunkt c, Fig. 9 Taf. I, desselben eine Linie de rechtwinklig auf die Axe pq des Krystalls gezogen (diese Linie fällt mit derjenigen zusammen, welche wir eben bei der Berechnung von ϑ für die Axe der x nahmen), so kann man sich von jedem Punkt g der Oberfläche des Krystalls eine Linie nach diesem Fuſspunkt c gezogen denken, welche einen Winkel α mit de macht. (Es ist dieſs derselbe Winkel den wir auch bisher mit α bezeichneten.) Die Länge der Linie cg ist der Tangente des Winkels i proportional, welchen eine von g nach dem Auge gezogene Linie mit dem Perpendikel macht, welches vom Auge auf den Krystall gefällt wird. Wenn der Winkel i nicht zu groſs ist, so kann man auch ohne bedeutenden Fehler cg dem Sinus des Winkels i proportional setzen.

Setzt man nun den Werth von ϑ in (14) gleich einer constanten C, so enthält die Gleichung nur noch zwei veränderliche i und α, und wir können sie als die Polargleichung einer Curve betrachten, deren Radius vector $\sin i$ einen Winkel α mit der Axe der Polarcoordinaten de macht. Es läſst sich nun behaupten, daſs alle Strahlen, welche von denjenigen Punkten der Oberfläche des Krystalls kommen, die in einer solchen Curve liegen, gleiche Intensität haben; denn da für alle diese Punkte $\vartheta = C$ ist, so muſs auch der allen diesen Punkten entsprechende Werth von S in (15) constant seyn, da ϑ die einzige veränderliche Gröſse in diesem Werthe ist.

Um die Form der isochromatischen Curven zu bestimmen, haben wir also jetzt nur die Gleichung

$$T\left\{\frac{B-A}{AB}-\frac{3}{2}\frac{\sin i^2}{B}(B-A)[B-(A+B)\sin\alpha^2]\right\}=C \quad (16)$$

zu discutiren. Diese Gleichung läſst sich verwandeln in:

$$T(B-A)-\tfrac{3}{2}AT\sin i^2(B-A)[B-(A+B)\sin\alpha^2] = ABC$$

oder:

$$\sin^2 i=\frac{T(B-A)-ABC}{\frac{3}{2}AT(B-A)[B-(A+B)\sin\alpha^2]} \ldots (17)$$

oder:

$$\sin i^2=\frac{M}{B-(A+B)\sin\alpha^2} \ldots\ldots (18)$$

wenn wir $\frac{T(B-A)-ABC}{\frac{3}{2}AT(B-A)}=M$ setzen. Die Gleichung (18) ist nun offenbar die Polargleichung einer Hyperbel, deren Axen sind:

$$\sqrt{\left\{\frac{T(B-A)-ABC}{\frac{3}{2}AT(B-A)}\right\}}\sqrt{\frac{1}{B}}$$

und:

$$\sqrt{\left\{\frac{T(B-A)-ABC}{\frac{3}{2}AT(B-A)}\right\}}\sqrt{\frac{1}{A}}$$

woraus denn folgt, daſs der Sinus des Winkels, welchen die Asymptoten mit der Axe der Polarcoordinaten machen, ist:

$$\frac{\sqrt{B}}{\sqrt{A+B}} \ldots\ldots\ldots\ldots (19)$$

Es seyen, Fig. 9 Taf. I, *no* und *lm* diese Asymptoten. Aus dem Werthe des Sinus des Winkels *dcn* bei (19) folgt, daſs dieser Winkel bei positiven Krystallen, für welche $B<A$, kleiner, für negative hingegen, für welche $B>A$, gröſser als 45° ist, so daſs also der Winkel der

Asymptoten lcn für positive Krystalle kleiner, für negative Krystalle gröfser als 90° ist.

Der Winkel lcn ist nicht viel von einem rechten verschieden, da A und B nicht sehr von einander verschieden sind, und offenbar wird dieser Winkel sich um so mehr einem rechten nähern, je schwächer die doppelte Brechung des Krystalls ist, den man betrachtet. Für Kalkspath ist A ungefähr 0,6, B aber 0,67; für Kalkspath ist demnach:

$$\sin dcn = \frac{\sqrt{0,67}}{\sqrt{0,67+0,6}} = \frac{\sqrt{0,67}}{\sqrt{1,27}},$$

woraus sich für den Winkel lcn ungefähr 94° ergiebt.

Für Bergkrystall ist $B=0,645$, $A=0,649$, es ist demnach hier der Winkel lcn ungefähr 89° 56'.

Die Gleichung (18) giebt, so lange M positiv ist, nur dann reelle Werthe für $\sin i$, wenn

$$\sin \alpha < \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{B+A}}$$

ist, in diesem Fall aber ist sie die Gleichung einer Hyperbel, welche in den Asymptotenwinkel lcn und seinem Verticalwinkel liegt. Wenn M negative Werthe erhält, so ist (18) die Gleichung einer Hyperbel, welche zwischen dem Asymptotenwinkel ncm liegt, die hellen und dunkeln Ringe, welche man sieht, werden also ungefähr die in Fig. 9 Taf. I verzeichnete Gestalt haben.

Wenn M positiv seyn soll, so mufs bei negativen Krystallen:

$$C < \frac{T(B-A)}{AB},$$

wenn aber M negativ seyn soll, mufs:

$$C > \frac{T(B-A)}{AB}$$

seyn, d. h. in Worten ausgedrückt die Anzahl ϑ der Wellenlängen, um welche die Strahlen, deren Interferenz die im Winkel ncm gelegenen Hyperbeln bildet, differiren, ist

gröfser, die Anzahl der Wellenlängen aber, um welche die, die andern Hyperbeln bildenden Strahlen gegen einander zurückbleiben, ist kleiner als die Anzahl der Wellenlängen, um welche der ordentliche und aufserordentliche perpendiculär durch den Krystall gehende Strahl gegen einander zurückbleiben, denn für $i=0$ wird ja

$$\vartheta = \frac{T(B-A)}{AB}.$$

Wir haben oben gesehen, dafs für positive Krystalle ϑ das Zeichen wechselt, mithin müssen wir in dem Ausdruck für M so wie sonst überall C mit entgegengesetztem Zeichen einführen; soll nun M einen positiven Werth haben, so mufs der absolute Werth von

$$C < \frac{T(B-A)}{AB},$$

soll hingegen M negativ seyn, so mufs auch

$$C > \frac{T(B-A)}{AB}$$

seyn. Es folgt daraus, dafs das Zurückbleiben der Strahlen gegen einander, welche innerhalb des Winkels lcn austreten, weniger, das Zurückbleiben derjenigen aber, welche innerhalb des Winkels ncm austreten, mehr beträgt, als das gegenseitige Zurückbleiben der mitten durch den Krystall gehenden Strahlen.

Die Formel (3) bezieht sich, wie dort schon bemerkt wurde, nur auf den Fall, dafs die Schwingungsebene des zweiten Turmalins innerhalb desjenigen durch die Schwingungsebenen des ordentlichen und aufserordentlichen Strahls gebildeten Quadranten gce, Fig. 6 Taf. I, liegt, welcher die Schwingungsebene des ersten Turmalins einschliefst. Alles, was wir bisher betrachtet haben, bezieht sich demnach auf den Fall, dafs die Schwingungsebenen der beiden Turmaline parallel sind. Um unsere Formeln auf den Fall anzuwenden, dafs sich die Turmaline kreuzen, haben wir nur ϑ mit $\vartheta+\frac{1}{2}$ zu vertauschen, wodurch in der Form der Ringe durchaus nichts

geändert wird; nur werden alle diejenigen Stellen, die vorher hell erschienen, dunkel seyn, und umgekehrt.

Bisher haben wir bloſs die Gestalt der Ringe betrachtet, wir wollen nun zur Untersuchung ihrer Gröſse übergehen.

Setzen wir in dem Ausdruck für ϑ bei (14) $i=0$, so reducirt sich ϑ auf $\frac{T(B-A)}{AB}$, und dieser Werth in die Gleichung (15) gesetzt, giebt uns die Intensität des Strahls, welche von dem Mittelpunkt der Figur in unser Auge trifft. Geben wir nun α einen bestimmten Werth, z. B. setzen wir es $=0$ und lassen i wachsen, so ändert sich zugleich der Werth von S, und giebt uns nach und nach die Intensitäten aller Strahlen, welche von den auf der Linie dc auf einander folgenden Punkten herkommen. (Wenn α einen anderen Werth hat, so ist dadurch eine andere Linie bestimmt). Lassen wir nun so i von 0 an wachsen, so wird S gröſser oder kleiner, bis wir zu einem Werthe $S=J^2$ oder $S=0$ kommen. Solche hyperbolische Curven nun, für welche $S=J^2$ oder $S=0$ ist, können wir als die Mitte der hellen und dunkeln Curven überhaupt betrachten, und die Entfernung der Durchschnittspunkte zweier ganz dunkeln oder ganz hellen Curven mit der Linie cd als Breite der Ringe in dieser Richtung betrachten.

Es sey $i_{\prime}$ der Winkel, den ein von der Linie dc in's Auge kommender Strahl, welcher ganz dunkel seyn soll, mit dem vom Auge auf den Punkt c gefällten Perpendikel macht; läſst man nun $\sin i_{\prime}$ wachsen, um

$$\sqrt{\frac{2}{3T(B-A)}+\sin i_{\prime}^{2}}-\sin i_{\prime} \quad \ldots . (20)$$

so wächst dadurch ϑ um 1, und der Werth von S wird wieder derselbe seyn, der es für $i_{\prime}$ war, nämlich 0. (20) giebt uns demnach ein Maaſs für die Breite der Ringe. Die Breite der Ringe nimmt, wie aus (20) folgt, um so mehr ab, je weiter sie vom Mittelpunkte entfernt sind.

Wenn i nicht sehr grofs ist, so ist der Ausdruck nicht sehr von $\sqrt{\frac{2}{3T(B-A)}}$ verschieden, woraus hervorgeht, dafs die Breite der Ringe sich sehr nahe umgekehrt wie die Wurzeln aus den Dicken der Platten verhalte.

Der Ausdruck:

$$\sqrt{\frac{2}{3T(B-A)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

kann überhaupt die Breite des innersten Ringes ohne bedeutenden Fehler darstellen. Will man diesen Ausdruck in Zahlen übersetzen, so mufs man alle Gröfsen auf einerlei Einheit reduciren. Die Einheit, in welcher A und B ausgedrückt ist, ist offenbar die Länge einer Lichtwelle in der Luft, und in dieser Einheit mufs auch T ausgedrückt werden. Auf den Zoll gehen aber ungefähr 45000 Wellenlängen der mittleren Strahlen des Spectrums, ist also T in Zollen ausgedrückt, so hat man ihre Anzahl mit 45000 zu multipliciren und in (21) zu setzen, alsdann giebt uns (21) den Sinus des Gewichtswinkels, unter welchen uns der erste Ring erscheinen mufs.

Haben wir z. B. eine Kalkspathplatte von 1'' Dicke, so wird der Sinus des Gewichtswinkels t, unter welchem der innerste Ring erscheint, seyn:

$$\sin t = \sqrt{\frac{2}{3 \times 4500 \times 0{,}07}} = \sqrt{\frac{2}{21 \,.\, 45}}$$

und also ungefähr:

$$t = 2^{\circ}\, 40'.$$

Für eine 1 Zoll dicke Bergkrystallplatte haben wir:

$$\sin t = \sqrt{\frac{2}{3 \times 45000 \times 0{,}004}} = \sqrt{\frac{2}{12 \,.\, 45}},$$

woraus ungefähr folgt:

$$t = 3^{\circ}\, 30',$$

wie es sich auch bei Anstellung der Versuche bestätigt findet.

Einiges über die zur Bestätigung des Gesagten anzustellenden Versuche.

Wir haben bisher die Länge einer Lichtwelle in der Luft als eine beständige Gröfse betrachtet und sie sogar als Längeneinheit angenommen. Für verschiedenfarbige Strahlen aber ist bekanntlich die Wellenlänge in einem und demselben Mittel verschieden; alles, was bisher gesagt worden ist, bezieht sich demnach nur auf homogenes Licht. Die obigen Formeln zeigen, dafs die Breite der Ringe für eine und dieselbe Krystallplatte bei verschiedenen Farben verschieden ist; läfst man daher in unserem Falle weifses Licht einfallen, so fallen die Ringe der verschiedenen Farben, wenn der Kryetall nur einigermafsen dick ist, so über einander, dafs aus ihrer Vermischung ein etwas unreines Weifs hervorgeht. (Herschel, über das Licht.) Sind die Blättchen dünn genug, so erscheinen sie bekanntlich lebhaft gefärbt; vermittelst des Ausdrucks (21) kann man sich aber leicht überzeugen, dafs alsdann die Breite der Ringe viel zu grofs ist, als dafs man nur einigermafsen die Form derselben erkennen könnte, da das Gesichtsfeld nur einen zu kleinen Theil der Figur umfafst. Um die Curven wirklich zu übersehen, bleibt also nichts übrig, als dikkere Krystallplatten und homogenes Licht anzuwenden.

Das reinste homogene Licht kann man sich auf jeden Fall durch ein Prisma verschaffen, jedoch auch die Flamme des Weingeistes giebt ein sehr homogenes Gelb, namentlich wenn man etwas Kochsalz zusetzt, und deshalb eignet sich die Weingeistflamme sehr für unsere Versuche, die man aber im Dunkeln anstellen mufs, weil das Licht der Spirituslampe nur eine sehr geringe Intensität hat, die man durch künstliche Mittel, wie z. B. grofse Hohlspiegel, möglichst zu verstärken suchen mufs.

Um die hellen und dunkeln Curven in den Dimensionen zu sehen, wie sie aus den obigen Formeln folgen, braucht man nur den Krystall in die gehörige Lage

zwischen zwei Turmalinplatten zu bringen und nach einem homogenen Lichte zu sehen. Am besten eignen sich für diese Versuche solche einaxige Krystalle, welche in sechsseitigen Säulen krystallisirt sind, wie Bergkrystall und zuweilen auch Kalkspath, weil die natürlichen Oberflächen schon parallel mit der Axe sind. Sehr schön übersieht man mehrere Ringe zugleich in einem solchen Stück Kalkspath von 2 bis 3 Linien Dicke; Bergkrystall mufs schon eine ziemlich bedeutende Dicke haben, wenn man mehrere Curven zugleich übersehen will.

Wenn man die Krystalle erst schneiden und schleifen mufs, so ist es durchaus nöthig, namentich bei stärker doppelt brechenden Krystallen, die Oberflächen so genau als möglich parallel zu machen, weil sonst die ordentlichen und aufserordentlichen Strahlen nicht mehr parallel austreten würden, und alsdann durchaus keine Interferenz mehr stattfinden kann.

In der schon oben angeführten Airy'schen Abhandlung ist ein Apparat beschrieben, vermittelst dessen man in Krystallen, in welchen die Ringe zu grofs sind, um ganz übersehen zu werden, in einer sehr zusammengezogenen Gestalt erscheinen; dieser Apparat ist für diese Versuche sehr vortheilhaft anzuwenden, nur mufs man homogenes Licht auf den Polarisationsspiegel des Apparates fallen lassen.

XXX. *Siebente Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Hrn. Michael Faraday.*

(Uebersandt vom Hrn. Verfasser in einem besonderen Abzug aus den *Philosoph. Transact. f.* 1834. — Die sechste Reihe und der Nachweis zu den früheren finden sich S. 149 dieses Bandes. P.)

Vorwort.

661) Die Theorie, welche ich für den wahren Ausdruck der Thatsachen elektro-chemischer Zersetzung halte, und welche ich deshalb in einer früheren Reihe dieser Untersuchungen entwickelt habe [1]), steht in solchem Widerspruch mit den seither aufgestellten Theorien, dafs ich die gröfste Schwierigkeit finde, Resultate meiner Einsicht nach richtig anzugeben, so lange ich mich auf den Gebrauch der Kunstausdrücke beschränke, die mit einer gewissen hergebrachten Bedeutung üblich sind. Von dieser Art ist der Name Pol, mit den Beiworten positiv und negativ, und den damit verknüpften Ideen von Anziehung und Abstofsung. Gewöhnlich heifst es: der positive Pol *ziehe* den Sauerstoff, die Säuren u. s. w. *an*, oder vorsichtiger: er *bestimme* deren Entwicklung auf seiner Oberfläche, und der negative Pol wirke in gleicher Weise auf Wasserstoff, brennbare Körper, Metalle und Basen. Meiner Ansicht gemäfs liegt aber die bestimmende Kraft *nicht* an den Polen, sondern *in* dem zersetzt werdenden Körper; und Sauerstoff und Säuren werden zum *negativen* Ende eines solchen Körpers gemacht, während Wasserstoff, Metalle u. s. w. am *positiven* Ende desselben entwickelt werden (518. 524).

662) Um Verwirrung und Umschreibung zu vermeiden, und um gröfsere Genauigkeit in den Ausdruck zu

1) Annalen, Bd. XXXII S. 401.

bringen als sonst möglich wäre, habe ich die Sache mit zwei Freunden reiflich überlegt, und mit deren Beistand gewisse andere Namen gebildet, die ich zum künftigen Gebrauche vorschlage, und nun definiren will. Die Pole, wie sie gewöhnlich genannt werden, sind blofs die Thore oder Wege, durch welche die Elektricität zum zersetzt werdenden Körper hinein- und heraustritt (556), sind also, wenn sie mit jenem Körper in Berührung stehen, die Gränzen seiner Erstreckung in Richtung des Stroms. Im Allgemeinen wird der Ausdruck von Metallflächen gebraucht, die mit der zersetzt werdenden Substanz in Berührung stehen; ob aber die Physiker ihn eben so allgemein von den Luft- und Wasserflächen (465. 471. 493) gebrauchen würden, gegen welche ich elektro-chemische Zersetzungen bewirkt habe, ist zweifelhaft. Statt des Namens Pol schlage ich den: *Elektrode* (ἤλεκτρον und ὁδος, der Weg) vor, und verstehe darunter diejenige Substanz oder vielmehr Fläche, sey sie von Luft, Wasser, Metall oder sonst einem Körper, welche in Richtung des elektrischen Stroms an den zersetzt werdenden Körpers gränzt.

663) Die Oberflächen, an welchen, nach der gewöhnlichen Terminologie, der elektrische Strom zu dem zersetzt werdenden Körper hinein- oder hinaustritt, sind die wichtigsten Orte der Action, und verdienen eigends unterschieden zu werden, sowohl von den Polen, mit denen sie häufig, als von den Elektroden, mit denen sie immer in Berührung stehen. Nach einer Richtung suchend, auf welche ich als eine normale die elektrische Richtung beziehen könnte, ausdrucksvoll hinsichtlich ihrer beiden Verschiedenheiten und frei von aller Theorie, glaubte ich eine solche in der Erde zu finden. Wenn der Magnetismus der Erde von elektrischen Strömen herrührt, welche dieselbe umkreisen, so müssen sie eine beständige Richtung haben, welche, nach unserer gegenwärtigen Sprechweise, von Osten nach Westen, oder besser,

da es dem Gedächtnifs mehr zu Hülfe kommt, mit dem scheinbaren Laufe der Sonne gehen würde. Nehmen wir für irgend einen Fall von elektro-chemischer Zusammensetzung an, der zersetzt werdende Körper sey so gestellt, dafs der durch ihn gehende elektrische Strom parallel und in gleicher Richtung gehe mit dem in der Erde vorhanden seyn sollenden, so werden die Oberflächen, durch welche die Elektricität zur Substanz ein- und austritt, eine unveränderliche Beziehung haben und beständig dieselben Kraftverhältnisse zeigen. Hienach schlagen wir vor; die östliche Fläche *Anode* (ἀνα, aufwärts, ὁδοσ, Weg; der Weg vom Sonnenaufgang), und die westliche *Kathode* (κατα, niederwärts, und ὁδοσ; der Weg zum Sonnenuntergang) zu nennen. Welche Veränderungen auch in unseren Ansichten über die Natur der Elektricität und elektrischen Action eintreten mögen, so müssen sie doch die angeführte natürliche Richtschnur in gleicher Richtung und zu gleichem Betrage afficiren bei jeder zersetzt werdenden Substanz, auf welche man für die Zukunft diese Ausdrücke anwenden mag, und es scheint daher kein Grund zu der Vermuthung da zu seyn, dafs sie werden zur Verwirrung führen oder irgend wie falsche Ansichten zu unterstützen streben. Die *Anode* ist daher die Oberfläche, durch welche, unserer gegenwärtigen Terminologie gemäfs, der elektrische Strom eintritt; sie ist das negative Ende des zersetzt werdenden Körpers, das, wo Sauerstoff, Chlor, Säuren u. s. w. entwickelt werden; und steht der positiven *Electrode* gegenüber. Die *Kathode* ist die Fläche, durch welche der Strom den zersetzt werdenden Körper verläfst, ist dessen positives Ende; an ihr werden brennbare Körper, Metalle, Alkalien und Basen entwickelt, und sie steht mit der negativen Elektrode in Berührung.

664) Ich werde auch in diesen Untersuchungen Gelegenheit haben, Körper nach gewissen, aus ihren elektrischen Actionen hergeleiteten Beziehungen zusammenzu-

stellen (822), und da ich wünsche diese Beziehungen auszudrücken, ohne zugleich irgend eine hypothetische Ansicht einzuschliefsen, so werde ich folgende Namen und Kunstausdrücke gebrauchen. Manche Körper werden direct durch den elektrischen Strom zerlegt und ihre Elemente in Freiheit gesetzt, diese schlage ich vor *Elektrolyte* (von ἤλεκτρον und λυω, ich löse) zu nennen. Wasser ist also ein Elektrolyt. Körper, welche, wie Salpeter- und Schwefelsäure, in secundärer Weise zersetzt werden (752, 757) sind nicht unter diesem Namen verstanden. Dann werde ich für den Ausdruck: *elektrochemisch zersetzt*, oft den auf gleiche Weise hergeleiteten: *elektrolysirt* gebrauchen, damit bezeichnend, dafs der in Rede stehende Körper unter dem Einflusse der Elektricität in seine Bestandtheile zerlegt werde. Das Wort ist im Sinn und Klang analog dem: *Analysiren*, dessen Herleitung auch ähnlich ist. Der Ausdruck: *elektrolytisch* ist ohne Weiteres verständlich. Salzsäure ist elektrolytisch, Borsäure nicht.

665) Endlich habe ich einen Namen nöthig, um diejenigen Körper zu bezeichnen, welche zu den *Elektroden*, oder, wie man sie gewöhnlich nennt, den Polen zu gehen vermögen. Häufig werden Substanzen *elektro-negativ* oder *elektro-positiv* genannt, je nachdem sie, unter dem vermeintlichen Einflufs einer directen Anziehung, zum positiven oder negativen Pole gehen. Allein diese Ausdrücke sind zu unbezeichnend für den Gebrauch, welchen ich von ihnen machen müfste; denn wiewohl die Ansichten vielleicht richtig sind, sind sie doch nur hypothetisch und vielleicht auch falsch; und dann fügen sie, vermöge eines zwar sehr unmerklichen, aber, weil er unausgesetzt wirkt, doch sehr gefährlichen Einflusses, der Wissenschaft einen grofsen Nachtheil zu, indem sie Diejenigen, welche mit den Fortschritten derselben beschäftigt sind, auf die gewohnten Ansichten einengen und beschränken. Zur Unterscheidung dieser Körper schlage

ich vor, diejenigen, welche zu der *Anode* des zersetzt werdenden Körpers gehen, *Anionen* (ἄνιον, das *Hinaufgehende*), und die, welche zu der *Kathode* gehen, *Kationen* (von κατιόν, das *Herabgehende*) zu nennen, und wenn ich Gelegenheit habe gemeinschaftlich von beiden zu sprechen, werde ich sie *Jonen* nennen. So ist Chlorblei ein *Elektrolyt*, und, wenn es *elektrolysirt* wird, entwickelt es zwei *Jonen*, Chlor und Blei; das erste ist ein *Anion*, und das letztere ein *Kation*.

666) Diese Ausdrücke einmal wohl definirt, hoffe ich, durch ihren Gebrauch in den Stand gesetzt zu seyn, viele Umschreibungen und Zweideutigkeiten im Ausdruck zu vermeiden. Ich bin nicht Willens, sie häufiger zu gebrauchen, als erforderlich seyn wird, denn ich bin vollkommen überzeugt, dafs Namen und Wissenschaft zweierlei sind [1]).

667) Es ist wohl zu merken, dafs ich hier keine Meinung über die Natur des elektrischen Stromes ausspreche, aufser der bei einer früheren Gelegenheit geäufserten (283. 517); und dafs, wiewohl ich von dem Strome rede, als ginge er von den positiven Theilen zu den negativen (663), diefs doch nur zum Anschlufs an die conventionelle, obgleich in gewissem Grade stillschweigende Uebereinkunft der Physiker geschieht, damit sie ein beständiges, sicheres und bestimmtes Mittel zur Bezeichnung der Richtung der Kräfte dieses Stromes haben.

1) Seit der Vorlesung dieses Aufsatzes habe ich einige der zuerst vorgeschlagenen Namen verändert, um nur solche zu gebrauchen, die zugleich einfach in ihrer Natur, klar in ihrer Bezeichnung und frei von jeder Hypothese seyen.

§. 11. Von der elektro-chemischen Zersetzung (Fortsetzung — Siehe Annalen, Bd. XXXII S. 401).

D. Ueber einige allgemeine Bedingungen zur elektro-chemischen Zersetzung.

669 [1]). Von der Entdeckung der ersten elektro-chemischen Zersetzung an bis heute hat man bemerkt, daſs diejenigen Elemente, welche in dem gewöhnlichen Spiele der chemischen Verwandtschaft einander am directesten entgegengesetzt sind, und sich daher mit der gröſsten Anziehungskraft verbinden, auch am leichtesten an den entgegengesetzten Enden der in Zersetzung begriffenen Körper ausgeschieden werden (549).

670) War dieſs Resultat schon deutlich, da das Wasser als wesentlich für dergleichen Zersetzungen gehalten wurde, und fast in jedem solchen Falle gegenwärtig war (472), so ist es jetzt noch weit deutlicher, nachdem gezeigt und bewiesen worden ist, daſs das Wasser nicht nothwendig zu diesen Erscheinungen erfordert wird, (474), es vielmehr in den vermeintlich ihm eigenthümlichen Wirkungen von anderen Körpern weit übertroffen wird.

671) Das Wasser hat, vermöge seiner Beschaffenheit, der Natur seiner Bestandtheile und seiner häufigen Gegenwart bei elektrolytischen Actionen, bisher vorzüglich in diesem Rufe gestanden. Wiewohl es eine durch sehr kräftige Verwandtschaft gebildete Verbindung ist, giebt es doch seine Bestandtheile unter der Einwirkung eines sehr schwachen elektrischen Stromes aus, und es ist selbst zweifelhaft, ob in seiner Gegenwart eine Elektrolysirung stattfinden könne, bei der es nicht in seine Grundbestandtheile zerlegt wird.

672) Die verschiedenen Oxyde, Chloride, Jodide und Salze (402), welche, wie ich gezeigt, im flüssigen Zustande durch den elektrischen Strom nach demselben

1) Der Absatz 668 fehlt im Original. *P.*

allgemeinen Gesetze wie das Wasser zersetzt werden, erläutern in eben so auffallender Weise, wie thätig bei solchen Zersetzungen Elemente sind, die in ihren chemischen Beziehungen einander direct und kräftig gegenüberstehen.

673) Andererseits geben Körper, welche durch schwache Verwandtschaften zusammengehalten werden, sehr selten ihre Elemente aus. Man nehme z. B. die Gläser; viele derselben, die aus Kieselerde, Kalk, Alkali und Bleioxyd gebildet sind, lassen sich kaum für mehr als bloſse Lösungen der Substanzen in einander ansehen [1]). Dennoch scheint Bouteillenglas, wenn es geschmolzen in die voltasche Säule gebracht wird, gar nicht zersetzt zu werden (408). Flintglas dagegen, welches directer entgegengesetzte Substanzen enthält, erleidet bei dieser Einwirkung schon einige Zersetzung; und wenn Bleiborat-Glas, welches eine bestimmte chemische Verbindung ist, zu dem Versuche genommen wird, giebt es leicht seine Bestandtheile aus (408).

674) Doch das Resultat, welches aus den erwähnten Fällen so auffallend hervorgeht, wird durch andere Fälle, wo man ein ähnliches erwarten könnte, nicht so unterstützt. Man könnte sagen, meine Theorie der elektro-chemischen Zersetzung lieſse erwarten, daſs alle zusammengesetzten Körper in dem Grade leichter durch den elektrischen Strom zerlegt werden würden, als ihre näheren oder entfernteren Bestandtheile durch eine stärkere Verwandtschaft verbunden wären. Ich bin nicht gewiſs, ob dieſs eine strenge Folgerung sey aus der Theorie; wenn aber der Einwurf durch Thatsachen dargeboten seyn sollte, so zweifle ich nicht, daſs er durch eine innigere Bekanntschaft mit, und richtigere Vorstellung von der chemischen Verwandtschaft und der Wirkungsweise eines elektrischen Stroms auf dieselbe entfernt werden würde (518. 524); ohne diese Kenntniſs trifft der Einwurf eben

1) *Philosoph. Transact. f.* 1830, *p.* 49. (Ann. Bd. XVIII S. 515.)

so direct jede andere Theorie der elektro-chemischen Zersetzung als die meinige; denn wenn, wie es gemeiniglich der Fall ist, angenommen wird, dafs die Körper sich desto kräftiger verbinden, je directer sie in ihren Anziehungskräften einander entgegengesetzt sind, so läfst sich der Einwurf mit gleichem Gewicht einer jeden bisher aufgestellten Theorie der Elektrolysirung machen, und als Stütze derjenigen, welche ich bereits gegen dieselben erhoben habe, ansehen.

675) Unter den kräftigen Verbindungen, welche nicht zersetzt werden, steht die Borsäure oben an (408). Ferner werden Schwefeljodid und die Chloride von Schwefel, Phosphor und Kohle unter den gewöhnlichen Umständen nicht zersetzt, wiewohl ihre Elemente von der Art sind, dafs sich das Gegentheil erwarten liefse. Antimonchlorid (402. 690), die Kohlenwasserstoffe, Essigsäure, Ammoniak und viele andere durch die voltasche Säule nicht zersetzbare Körper scheinen durch eine hinlänglich starke Verwandtschaft gebildet zu seyn, und demnach einen solchen Gegensatz in der Natur ihrer Elemente anzudeuten, dafs man zu der Erwartung berechtigt wäre, die Säule würde diese trennen, besonders da in gewissen Fällen einer blofsen Lösung (530. 544), wo die Verwandtschaft verhältnifsmäfsig sehr schwach seyn mufs, eine Trennung stattfindet [1]).

676) Es mufs jedoch nicht vergessen werden, dafs diese Schwierigkeit gröfstentheils und vielleicht ganz abhängt von der Abwesenheit des Leitvermögens, welche den Durchgang des Stroms, und dadurch auch die Wirkungen desselben verhindert. Alle bekannten Verbindungen, welche starr Nichtleiter, flüssig aber Leiter sind, werden zersetzt, mit *vielleicht* alleiniger Ausnahme des

1) In Betreff der Lösungen habe ich Gründe zu der Vermuthung, dafs sie wahrscheinlich keine Fälle von Ueberführungen sind. Ich beabsichtige diese Betrachtung bei einer passenden Gelegenheit wieder aufzunehmen.

Quecksilberjodids (679. 691); und selbst das Wasser, welches seine Elemente beim Durchgang des Stroms so leicht ausgiebt, erleidet, wenn es völlig rein ist, kaum eine Veränderung, weil es dann ein sehr schlechter Leiter ist.

677) Sollte es späterhin bewiesen werden, dafs das Ausbleiben der Zersetzung in den Fällen, wo sie aus chemischen Betrachtungen stark zu erwarten wäre (669. 674. 672), von der Abwesenheit oder dem Mangel an Leitvermögen herrühre, so würde auch zugleich bewiesen seyn, dafs Zersetzung von Leitung *abhange* und nicht die letztere von der ersteren (413). Beim Wasser scheint diefs sehr nahe entschieden zu seyn. Andererseits ist der Schlufs fast unabweisbar, dafs bei den Elektrolyten das Durchlassungsvermögen für Elektricität von deren Zersetzbarkeit abhängt, indem sie nur so lange zersetzt werden als sie im Besitz dieses Vermögens sind, und zwar im Verhältnifs zur Menge der getrennten Elemente (821). Ich mag mich jedoch für jetzt nicht dabei aufhalten diesen Punkt experimentell zu discutiren.

678) Wenn eine Verbindung Elemente enthält, welche bekanntermafsen zu den entgegengesetzten Enden der voltaschen Säule gehen, so scheinen doch die Verhältnisse, in welchen sie vorhanden sind, innig verknüpft mit der Zersetzbarkeit oder Unzersetzbarkeit ihrer Verbindung. So ist Zinnchlorür sehr leitend und zersetzbar (402), während Zinnchlorid weder leitet noch zersetzt wird (406). Quecksilberjodid, geschmolzen, wird nicht zersetzt (691), wiewohl es doch leitet; ich vermochte nicht es mit dem Jodür zu vergleichen, da das letztere in der Hitze in Quecksilber und Jodid zerfällt.

679) Diese wichtigen Verschiedenheiten veranlafsten mich, gewisse binäre Verbindungen zu prüfen, um zu ermitteln, ob *ein die Zersetzbarkeit gemäfs irgend einer Beziehung zu den Aequivalenten der Elemente regulirendes Gesetz* zu entdecken sey. Unter den eben erwähnten

Verbindungen waren nur die niederen Stufen zersetzbar, und wenn man die Substanzen, welche zur Erläuterung der Strenge und Allgemeinheit des von mir entdeckten Gesetzes (402) der Leitung und Zersetzung angeführt wurden, nachsieht, so findet man, dafs alle demselben unterworfenen Oxyde, Chloride und Jodide, mit Ausnahme des Antimonchlorids und Quecksilberjodids (wozu jetzt vielleicht noch das Quecksilberchlorid hinzugefügt werden kann), auch zersetzbar sind, während viele andere höhere Verbindungen derselben Elemente nicht dem Gesetz unterliegen und auch nicht zersetzt werden (405. 406).

680) Die strengsten Ausnahmen von diesem allgemeinen Resultat machen, wie es scheint, Körper, wie Schwefel-, Phosphor-, Salpeter-, Arsen- und manche andere Säure.

681) Beim Experimentiren mit *Schwefelsäure* fand ich keinen Grund zu glauben, dafs sie an sich die Elektricität leite oder von ihr zersetzt werde, wiewohl ich früher dieser Meinung gewesen war (552). Sehr concentrirt ist sie ein viel schlechterer Leiter als verdünnt [1]). Wird sie dann der Wirkung einer kräftigen Batterie unterworfen, so erscheint Sauerstoff an der *Anode* oder positiven Elektrode, wiewohl viel davon absorbirt wird, Wasserstoff und Schwefel erscheinen an der *Kathode* oder negativen Elektrode. Nun war bei mir das Wasserstoffgas immer rein, nicht geschwefelt, und gegen den Schwefel in unzureichender Menge, so dafs offenbar bei der Zersetzung Wasser mit zerlegt worden seyn mufste. Ich bemühte mich, den Versuch mit wasserfreier Schwefelsäure anzustellen. Diese schien mir im Zustand der Schmelzung kein Leiter zu seyn, auch nicht zersetzt zu werden; doch hatte ich von der trocknen Säure nicht genug zur Hand, um diesen Punkt genügend zu entscheiden. Ich glaube indefs, dafs wenn durch Wirkung der Säule auf Schwefelsäure Schwefel erscheint, diefs in Folge

1) De La Rive.

einer secundären Action geschieht, und dafs die Säure selbst nicht elektrolysirbar ist (757).

682) *Phosphorsäure*, glaube ich, ist in demselben Fall; wegen der Schwierigkeit, mit schmelzender wasserfreier Phosphorsäure zu operiren, habe ich jedoch die Entscheidung dieses Punkts unmöglich gefunden. Phosphorsäure, die einmal Wasser enthält, kann durch Hitze allein nicht von demselben befreit werden. Und wenn man sie erhitzt, verfliegt die wasserhaltige Säure. Als Phosphorsäure, auf dem ringförmigen Ende eines Drahts (401) geschmolzen, der Einwirkung des voltaschen Apparats ausgesetzt wurde, leitete sie und zersetzte sich; allein immer ward an der negativen Elektrode ein Gas, ich glaube Wasserstoffgas, entwickelt, und der Draht wurde nicht so angegriffen, als es bei Abscheidung von Phosphor der Fall gewesen seyn würde. Auch wurde Gas an der positiven Elektrode entwickelt. Aus allen diesen Thatsachen schliefse ich, dafs Wasser, und nicht die Säure zersetzt ward.

683) *Arsensäure*. Sie leitete und zersetzte sich; allein sie enthielt Wasser, und ich war zur Zeit nicht im Stande auszumitteln, ob sich schmelzende wasserfreie Arsensäure darstellen lasse. Sie bildet also für jetzt keine Ausnahme von dem allgemeinen Fall.

684) *Salpetrige Säure*, dargestellt durch Destillation von salpetersaurem Blei und in Berührung mit starker Schwefelsäure gehalten, fand sich leitend und langsam zersetzbar. Eine nähere Untersuchung liefs jedoch stark glauben, dafs Wasser zugegen war, und dafs von diesem die Zersetzung und Leitung abhing. Ich bemühte mich eine vollkommen wasserfreie Portion zu bereiten, konnte aber nicht die erforderliche Zeit darauf verwenden, um ein unzweifelhaftes Resultat zu erhalten.

685) *Salpetersäure* wird, glaube ich, nicht direct durch den elektrischen Strom zersetzt. Da mir Thatsachen fehlen, um den Unterschied zwischen primärer und secun-

därer Zersetzung zu erläutern, so will ich hier bloſs auf sie verweisen (752).

686) Daſs diese Mineralsäuren mit Leichtigkeit die Leitung und Zersetzung beim Wasser herbeiführen, ist kein Beweis, daſs sie an sich selbst im Stande sind diese Wirkungen zu begünstigen oder zu erleiden. Borsäure thut dasselbe, ohne zersetzbar zu seyn. Hr. De La Rive giebt an, daſs auch Chlor dieſs Vermögen besitze, wiewohl es, als eine elementare Substanz, dasselbe nicht seiner Zersetzbarkeit verdanken kann.

687) *Schwefelchlorid* leitet nicht, und wird auch nicht zersetzt. Es besteht aus gleichen Atomen seiner Elemente, macht aber deswegen keine Ausnahme von der Regel (679), welche nicht behauptet, daſs *alle* Verbindungen aus gleich viel Atomen der Elemente zersetzbar seyen, sondern daſs die zersetzbaren eine solche Zusammensetzung haben.

688) *Phosphorchlorür* ist weder leitend noch zersetzbar.

689) *Kohlenchlorür* nicht leitend und nicht zersetzbar. Ich unterwarf auch den *Chlorkohlenwasserstoff* aus ölbildendem Gase und Chlor der Wirkung des elektrischen Stroms, fand ihn aber ebenfalls weder leitend, noch zersetzbar.

690) Was die Ausnahmen (679) betrifft, so verschwinden einige von ihnen bei näherer Untersuchung. Frisch bereitetes Antimonchlorür (eine Verbindung von 1 At. Antimon und $1\frac{1}{2}$ At. Chlor) wurde in eine Röhre (Taf. III Fig. 13) (789) gebracht, und, als es geschmolzen war, der Wirkung des Stroms ausgesetzt, wobei die positive Elektrode aus Graphit bestand. Anfangs ging keine Elektricität durch und keine Zersetzung war sichtbar; als aber die positive und negative Elektrode in dem Chlorür näher aneinander gebracht wurden, trat eine schwache Wirkung ein und es ging ein schwacher Strom hindurch. Der Effect war aber im Ganzen so gering

(wiewohl völlig auf das zuvor gegebene Gesetz zurückführbar) und der in allen übrigen Fällen eintretenden Zersetzung und Leitung so unähnlich, dafs ich sie der Gegenwart einer kleinen Menge von Wasser (zu welchem dieses und viele andere Chlorüre eine starke Anziehung haben, so dafs wasserhaltige Chlorüre entstehen) oder vielleicht von dem wahren Chlorür, bestehend aus 1 At. von jedem seiner Elemente, zuschreibe. (695. 796).

691) *Quecksilberjodid* auf gleiche Weise untersucht, isolirte deutlich, so lange es starr war, leitete aber im flüssigen Zustand, übereinstimmend mit dem Gesetz der *Liquido-Conduction* (402); allein es kam keine Zersetzung zum Vorschein. Es erschien kein Jod an der *Anode*, und kein Quecksilber oder keine andere Substanz an der *Kathode*. Der Fall bildet also keine Ausnahme von der Regel, dafs blofs Verbindungen aus gleich viel Atomen zersetzbar sind; allein es bildet eine, und, wie ich glaube, die einzige Ausnahme von dem Satz, dafs alle dem Gesetz der *Liquido-Conduction* unterworfenen Körper zersetzbar sind. Ich bin jedoch zu glauben geneigt, dafs in dem Quecksilberjodid eine Portion Quecksilberjodür gelöst geblieben war, und dafs die schwache Leitung von der langsamen Zersetzung des letzteren herrührte. Jodid würde dann als secundäres Resultat an der *Anode* gebildet werden, und eben so würde das Quecksilber an der *Kathode* als secundäres Resultat Jodür erzeugen. Diese beiden Körper würden sich aber mit der flüssigen Masse vermischen, und so würde, ungeachtet der fortwährenden Zersetzung, keine wirkliche Trennung erfolgen.

692) Als *Quecksilberchlorid* dem voltaschen Strom ausgesetzt ward, leitete es im starren Zustande nicht, wohl aber im flüssigen. Ich glaube auch, dafs es im letzteren Fall zersetzt wurde; allein es sind hier viele störende Umstände vorhanden, ohne deren nähere Untersuchung sich kein zuverlässiger Schlufs ziehen läfst.

693) Gewöhnliches *Antimonoxyd* im flüssigen Zu-

stande dem voltaschen Strom ausgesetzt, wird auch zersetzt, allein aus fremden Ursachen hört die Zersetzung bald auf (402. 802). Diefs Oxyd besteht aus 1 At. Antimon und 1½ At. Sauerstoff, und bildet daher eine Ausnahme von dem angenommenen Gesetz. Beim Arbeiten mit diesem Oxyd und dem Chlorür beobachtete ich jedoch Thatsachen, welche mich vermuthen liefsen, dafs die Verbindungen, welche gewöhnlich Oxyd und Chlorür (Protochlorid) genannt werden, andere Verbindungen, bestehend aus einem und einem Atome, enthalten, welche die wahren Proto-Verbindungen sind, und, für den Fall des Oxyds, die oben beschriebene Zersetzung veranlafsten.

694) Das gewöhnliche *Schwefelantimon* wird als die Verbindung mit der kleinsten Schwefelmenge und als proportional in seiner Zusammensetzung mit dem gewöhnlichen Oxyd angesehen. Allein ich finde, dafs bei dem Zusammenschmelzen desselben mit metallischem Antimon ein neues Sulfuret gebildet wird, welches mehr Metall als das erstere enthält, und sich, wenn es geschmolzen ist, deutlich unterscheidet, sowohl von dem reinen Metall, als andererseits von dem gewöhnlichen grauen Sulphuret. Nach einigen rohen Versuchen betrug das von dem grauen Schwefelantimon aufgenommene Metall halb so viel, als das vorher schon darin befindliche, in welchem Fall das neue Sulfuret aus 1 At. Schwefel und 1 At. Antimon bestehen würde.

695) Als diefs neue Sulfuret in Salzsäure gelöst ward, schien es mir, ungeachtet sich ein wenig Antimon abschied, dafs das wahre Protochlorid, bestehend aus *gleich viel* Atomen der Bestandtheile, gebildet wurde, und dafs daraus wieder durch Alkalien u. s. w. das wahre Protoxyd, bestehend aus gleich viel Atomen, erhalten werden konnte. Ich konnte mich indefs nicht dabei aufhalten, diesen Gegenstand direct durch eine Analyse zu ermitteln.

696) Ich glaube jedoch, dafs es ein solches Oxyd

giebt, dafs es oft und in veränderlicher Menge in dem gewöhnlichen Protoxyd vorhanden ist, dafs daraus die Unsicherheit in dem Resultate seiner Analyse und die oben beschriebene elektrolytische Zersetzung entsprungen ist.

697) Aus Allem scheint es mir wahrscheinlich, dafs alle die binären Verbindungen elementarer Körper, welche flüssig, aber nicht starr, dem Gesetze der Liquido-Conduction gemäfs (394) elektrolysirbar sind, aus gleich viel Atomen ihrer Elemente bestehen; und vielleicht ist es Folge ihrer Abweichung von dieser Einfachheit der Zusammensetzung, dafs Borsäure, Ammoniak, Chloride, Jodide und viele andere directe Verbindungen von Elementen unzersetzbar sind.

698) Bei den Salzen und Verbindungen von zusammengesetzten Körpern scheint diese einfache Beziehung nicht mehr gültig zu seyn. Ich konnte diefs nicht durch doppelt-schwefelsaure Salze entscheiden, denn so lange das zweite Atom Säure da war, wurde auch Wasser damit zurückgehalten [1]). Das schmelzende Salz zeigte daher Leitung und Zersetzung; allein es erschien auch immer Wasserstoff an der negativen Elektrode.

999) Durch Erhitzen und endliches Schmelzen vom phosphorsauren Natron-Ammoniak wurde doppelt-phosphorsaures Natron bereitet. Diefs leitete und wurde zersetzt; allein es erschien ein wenig Gas an der negativen Elektrode, und wiewohl ich glaube, dafs das Salz elektrolysirt ward, konnte ich mich doch nicht ganz überzeugen, dafs das Wasser vollständig entfernt worden war.

700) Es wurde nun doppelt-borsaures Natron bereitet, was, wie ich glaube, einen einwurfsfreien Fall darbietet. Als es geschmolzen war, leitete es und zersetzte sich; an beiden Elektroden erschien Gas; und selbst

1) Das saure schwefelsaure Kali z. B. ist auch bekanntlich $\dot{K}\dddot{S}+\dddot{S}\dot{H}$ (Annal. Bd. XVIII S. 152).

als die Borsäure bis zu drei Atomen vermehrt wurde, fand dieselbe Wirkung statt.

701) Diese Klasse binärer Verbindungen scheint demnach nicht demselben einfachen Gesetze unterworfen zu seyn, wie die vorhergehende Klasse. Ob wir Gründe finden werden, sie als bloſse Lösungen von Verbindungen aus gleich viel Atomen in dem Ueberschuſs der Säure zu betrachten, ist eine Frage, welche, nebst einigen scheinbaren Ausnahmen unter den Sulfureten, künftigen Untersuchungen zur Entscheidung überlassen bleiben muſs.

702) Bei jeglicher Untersuchung dieser Art muſs man mit groſser Vorsicht das Wasser ausschlieſsen; denn, wenn es zugegen ist, werden häufig secundäre Effecte bewirkt, die oft eine elektro-chemische Zersetzung der Substanz anzudeuten scheinen, wenn wirklich keine ächte eingetreten ist (742 etc.).

703) Es ist klar, daſs alle die Fälle, *wo keine Zersetzung eintritt,* vom Mangel an Leitung abhängen (677. 413); doch wird dadurch keineswegs das Interesse verringert, welches erregt werden muſs, wenn man sieht, ein wie groſser Unterschied in der Wirkung nicht durch die Natur, sondern bloſs durch das Verhältniſs der Elemente hervorgebracht wird, besonders wenn irgend ein Versuch gemacht wird zur Erläuterung und Auseinandersetzung der schönen, von Sir Humphry Davy aufgestellten [1]), und von Berzelius und anderen ausgezeichneten Physikern erläuterten Theorie, daſs die gewöhnliche chemische Verwandtschaft bloſs das Resultat der elektrischen Anziehungen unter den Körpertheilchen sey.

E. Ueber einen neuen Messer der voltaschen Elektricität.

704) Als ich die gemeine und voltasche Elektricität auf Ein Normalmaaſs zurückzuführen suchte (377), und ferner, als ich meine Theorie der elektro-chemischen Zer-

1) *Philosoph. Trans.* 1807, *p.* 32, 39, und 1826, *p.* 387 und 389.

setzung aufstellte (504. 505. 510), sagte ich bereits, dafs die chemisch zersetzende Wirkung des Stroms *constant ist für eine constante Menge von Elektricität*, ungeachtet der gröfsten Verschiedenheiten in deren Abstammung, deren Intensität, der Gröfse der angewandten *Elektroden*, der Natur der von ihr durchströmten Leiter (oder Nichtleiter (307)) oder anderen Umständen. Die entscheidenden Beweise von der Wahrheit dieser Angaben werde ich nun sogleich geben (783 u. ff.).

705) Ich bemühte mich nach diesem Gesetz ein Instrument zu construiren, welches die durch dasselbe gegangene Elektricität mäfse, und welches, wenn es in die Bahn des zu irgend einen besonderen Versuch angewandten Stroms gestellt wurde, nach Belieben entweder als ein *vergleichendes Normalmaafs* (*standard*) des Effects, oder als *ein positiver Messer* dieses subtilen Agens gebraucht werden könnte.

706) Keine Substanz ist besser geeignet, unter den gewöhnlichen Umständen den anzeigenden Körper in solch einem Instrument abzugeben, als das Wasser. Denn, wenn es durch Zusatz von Säuren oder Salzen zu einem besseren Leiter gemacht ist, wird es mit Leichtigkeit zersetzt, seine Elemente lassen sich in vielen Fällen, ohne Störung durch secundäre Actionen, erhalten und sammeln, und, da sie gasförmig sind, befinden sie sich in dem vortheilhaftesten physikalischen Zustand zur Trennung und Messung. Wasser, angesäuert durch Schwefelsäure, ist daher die Substanz, welche ich gewöhnlich anwende, wiewohl es in besonderen Fällen oder Formen des Versuchs zweckmäfsiger seyn mag, andere Körper zu gebrauchen (843).

707) Die erste Vorsicht, welche bei der Construction des Instruments zu nehmen war, bestand darin, die Wiederverbindung der entwickelten Gase zu verhindern, welche die positive Elektrode so leicht zu bewirken vermag (571). Zu diesem Ende wurden verschiedene Formen

des Zersetzungs-Apparates angewandt. Die erste bestand aus zwei geraden Röhren, von denen jede einen in ihrem verschlossenen Ende hermetisch befestigten Platindraht und eine daran mit Gold gelöthete Platinplatte enthielt (Taf. III Fig. 5). Die Röhren waren ungefähr 8 Zoll lang und 0,7 Zoll im Durchmesser, und graduirt. Die Platinplatten waren etwa 1 Zoll lang, so breit als es die Röhren erlaubten, und den Mündungen der Röhren so nahe gebracht, als es die sichere Auffangung der entwickelten Gase zuliefs. In gewissen Fällen, wo es erforderlich war, die Gase an einer möglichst kleinen Fläche zu entwickeln, war die Platte fortgelassen und dafür der Draht am Ende blofs ringförmig umgebogen (Taf. III Fig. 6). Wenn diese Röhren als Messer gebraucht werden sollten, wurden sie mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und in eine Schale mit derselben Flüssigkeit umgekehrt (Fig 7), in einer schiefen Stellung, und mit ihren Mündungen so an einander gebracht, dafs möglichst wenig von der zu zersetzenden Flüssigkeit dazwischen war, auch in solcher Richtung, dafs die Platten sich in Vertical-Ebenen befanden (720).

708) Eine andere Form des Apparates war die in Fig. 8 Taf. III abgebildete. Die Röhre ist in der Mitte gebogen, eins ihrer Enden zugeschmolzen, und in diesem Ende ein Draht *a* mit Platte befestigt, so weit herabgehend, dafs letztere der Biegung möglichst nahe sey, aber doch noch alles an ihr entwickelte Gas in dem verschlossenen Arme gesammelt werden könne. Auch die Ebene dieser Platte ist vertical (720). Die andere Metallplatte *b* wird, wenn die Zersetzung vorgenommen werden soll, möglichst dicht an die Biegung geschoben, so jedoch, dafs das Gas nicht in den verschlossenen Arm treten, sondern frei entweichen kann.

709) Die dritte Form des Apparates enthält beide Elektrode in derselben Röhre. Die Durchlassung der Elektricität, und die daraus erfolgende Zersetzung, ist hie-

bei weit rascher, als bei getrennten Röhren. Das aufgefangene Gas ist die Summe der an beiden Elektroden entwickelten Portionen, und das Instrument ist besser als eins der früheren zum Messer der in gewöhnlichen Fällen durchgelassenen Menge von voltascher Elektricität geeignet. Es besteht aus einer geraden, oben zugeschmolzenen und graduirten Röhre (Fig. 9 Taf. III), durch deren Seiten eingeschmolzene Platindrähte gehen, die zwei Platinplatten halten. Die Röhre ist in eine der Mündungen einer zweihalsigen Flasche eingerieben; wenn die Flasche zur Hälfte oder zu Zweidrittel mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist, wird die Säure beim Neigen in die Röhre fließen und sie füllen. Wird ein elektrischer Strom durch das Instrument geleitet, so sammeln sich die an den Platten entwickelten Gase in dem oberen Theil der Röhre, ohne der Wiedervereinigungskraft des Platins ausgesetzt zu seyn.

710) Eine andere Form des Instruments ist die Fig. 10 Taf. III.

711) Eine fünfte Form ist in Fig. 11 abgebildet. Diese habe ich bei Versuchen, die mehre Tage dauern, und bei denen große Gasmengen gesammelt werden müssen, außerordentlich nützlich gefunden. Sie wird auf einem schweren Fuß befestigt, und hat die Gestalt einer kleinen Retorte, welche die beiden Elektroden enthält. Der Hals ist eng, und so lang, daß er das Gas in eine auf einer kleinen pneumatischen Wanne stehende Flasche führt. Die Elektrode-Kammer ist an dem im Gestell befestigten Theil hermetisch verschlossen, fünf Zoll lang und 0,6 Zoll im Durchmesser; der Hals 9 Zoll lang und inwendig 0,4 Zoll im Durchmesser. Die Figur wird vollends die Construction versinnlichen.

712) Es ist wohl kaum zu bemerken nöthig, daß bei allen diesen Apparaten sie sowohl als die beiden Drähte, welche mit der Einem elektrischen Strom ausgesetzten Substanz verbunden sind, so weit isolirt werden müs-

sen, dafs man die Gewifsheit habe, alle durch den einen Draht gegangene Elektricität sey auch durch den andern geströmt.

713) Nächst der Vorsicht, die Gase, nach ihrer Vermischung, aufser Berührung mit dem Platin aufzufangen, war nun nöthig, das Gesetz der *bestimmten elektrolytischen Action* wenigstens beim Wasser unter allen Umständen zu prüfen; um, neben der Ueberzeugung von seiner Richtigkeit, auch Kenntnifs von jenen störenden Umständen zu erlangen, gegen die man sich in der Praxis zu hüten habe.

714) Zuerst wurde untersucht, welchen Einflufs die Gröfse der Elektrode habe, und zu dem Ende wurden Instrumente wie die zuletzt beschriebenen (709. 710. 711) angewandt. Eins derselben hatte Platten von 0,7 Zoll Breite und nahe 4 Zoll Länge, ein zweites Platten von nur 0",5 Breite und 0",8 Länge, ein drittes Drähte von 0,02 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Länge, und ein viertes dergleichen Drähte, aber nur von 0",5 Länge. Dennoch wurde, wenn man sie mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt hatte, und, neben einander gestellt, von einem gemeinschaftlichen Strom durchwandern liefs, in allen sehr nahe dieselbe Menge Gas entwickelt. Der Unterschied war bald zu Gunsten des einen, bald zu Gunsten des andern; allein als allgemeines Resultat ergab sich, dafs die gröfseren Gasmengen an der kleineren Fläche der Drähte entwickelt wurden.

715) Aehnliche Versuche wurden mit der einfachen Platte, sowohl in geraden (707) als gebogenen Röhren, (708) angestellt, und mit gleichem Erfolg; und wenn diese Apparate mit den früheren auf verschiedene Weise so zusammengestellt wurden, dafs sie gemeinschaftlich denselben elektrischen Strom durchlassen mufsten, war das Resultat in Bezug auf die Gleichheit der Gasmengen an grofsen und kleinen Metallflächen beständig dasselbe. Ein Instrument mit zwei Drähten entwickelte 74,3 Volume

vom Gasgemeng, ein anderes mit zwei Platten 73,25 Volume, während die Summe von dem in zwei getrennten Röhren aufgefangenen Sauerstoff- und Wasserstoffgas 73,65 Volume betrug. Bei einem andern Versuch waren die Volume: 55,3; 55,3 und 54,4.

716) Es wurde jedoch bei diesen Versuchen beobachtet, dafs sich in den Röhren mit einer einzigen Platte (707) mehr Wasserstoff an der negativen Elektrode entwickelte, als dem Sauerstoff an der positiven Elektrode entsprach, und im Allgemeinen auch mehr als dem Sauerstoff und Wasserstoff in einer Röhre mit zwei Platten proportional war. Bei näherer Untersuchung wurde ich dahin geführt, diesen Umstand und die Unterschiede zwischen Drähten und Platten (714) in der Löslichkeit der Gase, besonders des an der positiven Elektrode entwickelten, begründet zu sehen.

717) Wenn die beiden Elektrode, positive und negative, gleiche Oberfläche haben, sind die Blasen, die in verdünnter Schwefelsäure von ihnen aufsteigen, immer verschieden im Charakter. Die an der positiven Platte sind aufserordentlich klein, und lösen sich, wegen vollkommener Reinheit der Metallfläche (633) von jeder Stelle derselben augenblicklich ab; so lange sie in der Flüssigkeit sind, geben sie derselben, vermöge ihrer Anzahl und Kleinheit, ein trübes Ansehen, werden leicht durch Strömungen herabgeführt, und bieten daher der Flüssigkeit nicht nur eine weit beträchtlichere Berührungsfläche dar, als es gröfsere Blasen thun würden, sondern werden auch viel länger in Mengung mit derselben erhalten. Dagegen sind die Blasen an der negativen Oberfläche, ungeachtet sie ein zwei Mal so grofses Volum als die an der positiven Elektrode ausmachen, sehr gering an Zahl. Sie steigen nicht so allgemein von jeder

Stelle der Oberfläche empor, sondern scheinen an bestimmten Punkten entwickelt zu werden, und, wiewohl weit gröfser, scheinen sie am Metall zu kleben, lösen sich mit Schwierigkeit von ihm, und steigen, einmal abgetrennt, sogleich zur Oberfläche der Flüssigkeit. Besitzen demnach Sauerstoff und Wasserstoff, unter ähnlichen Umständen, auch gleiche Fähigkeit, sich im Wasser zu lösen oder mit ihm zu verbinden, so ist doch unter den gegenwärtigen Bedingungen der Sauerstoff bei weitem am meisten der Lösung ausgesetzt. Allein, wenn man das wohlbekannte Vermögen des letzteren, mit Wasser eine Verbindung einzugehen, erwägt, so darf man sich nicht mehr wundern, wenn diese Verbindung in geringer Menge an der positiven Elektrode gebildet wird; und in der That rührt wahrscheinlich die Bleichkraft, welche einige Physiker bei der Flüssigkeit an dieser Elektrode beobachtet haben, wenn auch Chlor und ähnliche Körper sorgfältig ausgeschlossen worden waren, von dem auf diese Weise gebildeten Wasserstoffhyperoxyd (oxydirtem Wasser) her.

718) Dafs an Drähten mehr Gas als an Platten entwickelt wird, schreibe ich dem Umstand zu, dafs, weil in gleichen Zeiten gleiche Mengen entwickelt werden, die Blasen an den Drähten, in Bezug auf jedwede Stelle der Oberfläche, sich rascher erzeugten und gröfser seyn müssen, folglich mittelst einer weit kleineren Oberfläche und eine viel kürzere Zeit hindurch mit der Flüssigkeit in Berührung stehen, als die an den Platten, daher denn von ihnen weniger gelöst und mehr aufgefangen wurde.

719) Noch eine andere Wirkung trat ein, besonders beim Gebrauche grofser Elektroden, welche sowohl eine Folge als ein Beweis war von der theilweisen Lösung des Gases daselbst. In dem gesammelten Gase fand sich nämlich, bei näherer Untersuchung, ein geringer Antheil Stickstoff. Es ist eine wohl bekannte Thatsache, dafs wenn durch Wasser oder Lösungen Blasen eines nur wenig darin löslichen Gases durchgetrieben werden,

ein Theil dieses Gases, indem es sich löst, einen Theil von dem zuvor mit der Flüssigkeit verbundenen Gase austreibt. So verhält es sich bei den in Rede stehenden Zersetzungen. Ein Theil des Sauerstoffs löst sich und vertreibt einen Theil der Luft oder wenigstens des Stickstoffs, der zuvor mit der Säure (Schwefelsäure) verbunden war; dieser Vorgang muſs bei groſsen Platten am *beträchtlichsten* seyn, weil das an ihnen entwickelte Gas sich in den günstigsten Umständen für die Lösung befindet.

720) In der Absicht, diese Lösung des Gases möglichst zu vermeiden, gab ich den Platten eine verticale Lage (707. 708), damit die Blasen schnell in die Höhe entwichen, und die herabsteigenden Ströme in der Flüssigkeit keinen aufsteigenden Gasströmen begegneten. Diese Vorsichtsmaſsregel trägt viel zur Erlangung constanter Resultate bei, besonders bei den später zu erwähnenden Versuchen, wo eine andere Flüssigkeit als verdünnte Schwefelsäure, z. B. Kalilösung, angewandt wurde.

721) Die aus der eben erwähnten Löslichkeit entspringenden Unregelmäſsigkeiten in den Anzeigen des vorgeschlagenen Messers sind jedoch nur klein, und können durch Vergleichung der Resultate von zwei oder drei Versuchen sehr nahe berichtigt werden. Sie lassen sich auch fast ganz vermeiden, wenn man eine Lösung wählt, die sie im schwächsten Grade begünstigt (728); und überdieſs, wenn man den Wasserstoff sammelt und als anzeigendes Gas benutzt; denn da dieser weit weniger löslich ist als Sauerstoff, zwei Mal schneller und in gröſseren Blasen (717) entwickelt wird, so läſst er sich vollständiger und in gröſserer Reinheit auffangen.

722) Aus den vorherigen und vielen anderen Versuchen geht hervor, daſs *eine Veränderung in der Gröſse der Elektrode keine Veränderung bewirkt in der chemischen Action, die eine gegebene Menge Elektricität auf Wasser ausübt.*

723) Der nächste Punkt, in Betreff dessen das Princip einer constanten elektro-chemischen Action geprüft ward, war die *Veränderung der Intensität*. Zunächst wurden die vorhergehenden Versuche wiederholt mit Batterien von gleicher *Anzahl* Platten, *stark* und *schwach* geladen. Allein die Resultate waren sich gleich. Dann wurden sie wiederholt mit Anwendung von Batterien, einmal von 40 und das andere Mal nur von 5 Plattenpaaren; allein die Resultate waren auch jetzt dieselben. *Veränderungen in der Intensität*, veranlafst durch Unterschiede in der Stärke der Ladung oder Anzahl der Plattenpaare (*Alternations*), *bewirken also, was die gleiche Action kleiner und grofser Elektrode betrifft, keine Verschiedenheit.*

724) Jedoch beweisen diese Resultate nicht, dafs eine Veränderung in der Intensität des Stroms nicht von einer entsprechenden Veränderung in den elektro-chemischen Effecten begleitet werde, da die Wirkung an *allen* Flächen zugleich könnte vermehrt worden seyn. Diese Mangelhaftigkeit des Beweises wird jedoch vollständig gehoben durch die früheren Versuche mit Elektroden von verschiedener Gröfse, (*size*); denn bei einer Veränderung in der Gröfse dieser Elektrode mufste eine Veränderung in der Intensität eingetreten seyn. Die Intensität eines elektrischen Stroms, welcher Leiter von gleicher Natur, Beschaffenheit und Länge durchläuft, verhält sich wahrscheinlich wie die Menge der Elektricität, die einen gegebenen, auf dem Strome senkrechten Querschnitt durchläuft, dividirt durch die Zeit (360, *Anmerkung*); und wenn daher grofse Drähte und Platten durch eine gleiche Strecke des zu zersetzenden Leiters getrennt wurden (714), während durch beide Vorrichtungen Ein elektrischer Strom ging, mufste die Elektricität, was die *Spannung* betrifft, zwischen den Platten sich in einem ganz anderen Zustand als zwischen den Drähten befinden, wiewohl die chemischen Resultate gleich waren.

725) Der Intensitätsunterschied unter den beschriebenen Umständen läfst sich leicht experimentell erweisen, wenn man zwei Zersetzungsapparate wie Fig. 12 Taf. III einrichtet, wo eine und dieselbe Flüssigkeit der zersetzenden Kraft eines und desselben Stroms ausgesetzt ist, nur dafs er im Gefäfse *A* zwischen 2 Platten, und im Gefäfse *B* zwischen zwei Drähten übergeht. Wird ein dritter Zersetzungsapparat (z. B. Fig. 11) mit den Drähten bei *a* und *b* (Fig. 12) verbunden, so dient er durch den in ihm eintretenden Grad von Zersetzung hinreichend gut als Anzeiger des relativen Intensitätszustandes der beiden Platten, und wenn man ihn dann in gleicher Weise als Anzeiger des Zustandes bei *a'* und *b'* angewendet, wird er durch die in ihm eintretende Steigerung der Zersetzung zeigen, um wie viel die Intensität hier gröfser ist, als an den früheren Punkten. Die Enden *P* und *N* müssen natürlich während der ganzen Zeit fortwährend mit der voltaschen Batterie verbunden bleiben.

726) Eine dritte Form des Experiments, bei welchem ein Intensitätsunterschied erhalten wurde, um das Princip der gleichen chemischen Action zu prüfen, bestand darin, drei Volta-Elektrometer so aufzustellen, dafs der elektrische Strom, nachdem er durch einen derselben gegangen war, sich in zwei Theile theilen mufste, die sich, nachdem jeder eins der beiden übrigen Instrumente durchlaufen hatte, wiederum vereinigten. Die Summe der Zersetzung in den beiden letzten Gefäfsen war stets gleich der Zersetzung in dem ersteren Gefäfs. Allein in der Intensität konnte jeder Stromtheil nicht dem ursprünglichen Strome gleich seyn, folglich hat eine *Intensitätsveränderung keinen Einflufs auf die Resultate, wenn die Elektricitätsmenge dieselbe bleibt.* Der Versuch löst sich wirklich einfach in eine Vergröfserung der Elektrode auf (725).

727) Der *dritte* Punkt, hinsichtlich dessen der Satz von der gleichen elektro-chemischen Action auf Wasser

geprüft ward, war *die Veränderung in der Stärke der angewandten Lösung.* Um das Wasser leitend zu machen, war ihm Schwefelsäure hinzugefügt (707); und es konnte daher scheinen, dafs diese Substanz, wie viele andere, das Wasser, bei gleich bleibender Elektricitätsmenge, zersetzbarer mache. Allein es zeigte sich, dafs diefs nicht der Fall war. Verdünnte Schwefelsäure von verschiedener Stärke wurde in verschiedene Zersetzungsapparate gebracht, und gleichzeitig einem und demselben elektrischen Strome ausgesetzt (714). Wie zuvor zeigten sich geringe Unterschiede, zuweilen in einem, zuweilen in dem anderen Strome, allein das Endresultat war, *dafs bei allen diesen Lösungen genau dieselbe Menge Wasser durch dieselbe Elektricitätsmenge zersetzt wurde,* wiewohl bei einigen die Schwefelsäure sieben Mal so viel als bei andern betrug. Die stärkste Säure hatte das specifische Gewicht 1,495, die übrigen ein geringeres.

728) Bei Anwendung einer Säure von 1,336 spec. Gewicht waren die Resultate am gleichförmigsten, und Sauerstoff und Wasserstoff am häufigsten im richtigen Verhältnifs zu einander. Solch eine Säure gab bei Einwirkung eines gleichen Stromes mehr Gas, als eine schwächere, vermuthlich weil sie es weniger löste. War die Säure sehr stark, fand ein merkwürdiges Verschwinden des Sauerstoffs statt. Eine Mischung von zwei Maafs starken Vitriolöls mit einem Maafs Wasser gab so 42 Volume Wasserstoff, aber nur 12 Volume Sauerstoff. Die Wasserstoffmenge war sehr nahe derjenigen gleich, welche aus Säure von 1,232 spec. Gewicht entwickelt wurde. Ich habe noch nicht Zeit gehabt, die Umstände in Betreff dieses Verschwindens des Sauerstoffgases genauer zu untersuchen; allein ich glaube, es rührt her von der Bildung von oxydirtem Wasser, die, wie Thénard gezeigt hat, durch Gegenwart einer Säure begünstigt wird.

729) Wiewohl es für den practischen Gebrauch des von mir beschriebenen Instruments nicht nöthig war, so un-

tersuchte ich doch, als einen für die constante elektro-chemische Action auf das Wasser wichtigen Punkt, die Wirkungen eines elektrischen Stroms bei seinem Durchgange durch wäfsrige Lösungen von Säuren, Salzen und andern in ihrer Natur aufserordentlich verschiedenen Verbindungen, und fand sie zum Erstaunen gleich. Viele von ihnen waren von einer secundären Action begleitet, welche zweckmäfsiger weiterhin beschrieben werden wird (778).

730) Als Lösungen von Aetzkali oder Aetznatron, schwefelsaurer Bittererde oder schwefelsaurem Natron der Einwirkung des Stroms ausgesetzt wurden, lieferten sie eben so viel Sauerstoff und Wasserstoff als die verdünnte Schwefelsäure, mit welcher sie verglichen wurden. Als der Versuch mit einer Ammoniaklösung, die durch Zusatz von schwefelsaurem Ammoniak besser leitend gemacht worden, oder mit einer Lösung von kohlensaurem Kali angestellt wurde, entwickelte sich eben so viel Wasserstoff, wie aus der verdünnten Schwefelsäure, mit der sie verglichen wurde. *Eine Veränderung in der Natur der Lösung verändert also nicht die Beständigkeit der elektrolytischen Wirkung auf das Wasser.*

731) In Bezug auf grofse und kleine Elektrode habe ich bereits gesagt, dafs eine Veränderung der Ordnung die Wirkung im Allgemeinen nicht verändert (715). Dasselbe war der Fall mit verschiedenen Lösungen oder mit verschiedenen Intensitäten; und wiewohl die Umstände oder Versuche verändert seyn mochten, stimmten doch die Resultate aufserordentlich überein, und bewiesen, dafs die elektro-chemische Action noch dieselbe war.

732) Die vorstehende Untersuchung halte ich für hinreichend, in Betreff des *Wassers* den sehr ungewöhnlichen und wichtigen Satz zu beweisen, *dafs, wenn man dasselbe dem elektrischen Strome unterwirft, eine Menge von ihm zersetzt wird, die genau der durchgegangenen Elektricitätsmenge proportional ist,* trotz der Tausende von Verschiedenheiten der Bedingungen und Umstände,

in welchen es sich dabei befindet. Und ferner, dafs, wenn man sich vor den Störungen gewisser secundärer Wirkungen (742 etc.), so wie vor der Lösung oder Wiedervereinigung der Gase und vor der Entbindung von Luft in Acht genommen hat, *die Producte der Zersetzung sich mit solcher Genauigkeit auffangen lassen, dafs sie einen sehr vortrefflichen und werthvollen Maafsstab für die ihre Entwicklung bedingende Elektricität abgeben.*

733) Die Gestalten, welche ich dem Instrumente gegeben habe, Taf. III Fig. 9. 10. 11 (709. 710. 711) werden wahrscheinlich die zweckmäfsigsten seyn, da sie die Menge der Elektricität durch das gröfste Volum der Gase anzeigen und dem Durchgang des Stroms den schwächsten Widerstand entgegensetzen. Die Flüssigkeit, welcher ich nach meinen Versuchen den Vorzug gebe, ist eine verdünnte Schwefelsäure von etwa 1,336 bis 1,25 spec. Gewicht; es ist aber wesentlich, dafs sie weder eine organische Substanz, noch eine vegetabilische Säure, noch sonst einen Körper enthalte, welcher von dem an den Elektroden (773 etc.) entwickelten Sauerstoff und Wasserstoff eine Einwirkung erleiden, und dadurch die Menge dieser Stoffe verringern oder ihnen andere Gase hinzufügen könne.

734) In vielen Fällen, wo das Instrument als ein *vergleichender*, und selbst als ein *wahrer Messer* gebraucht werden soll, kann es wünschenswerth seyn, nur den Wasserstoff aufzufangen, da dieser weniger einer Absorption oder einem anderweitigen Verschwinden ausgesetzt ist als der Sauerstoff. In solchen Fällen habe ich die erste und zweite Form des Apparats (Taf. III Fig. 7. 8.) gebraucht (707. 708). Die erhaltenen Anzeigen waren sehr beständig, die Schwankungen weit kleiner als bei denjenigen Formen des Apparats, bei denen beide Gase aufgefangen wurden. Man kann dieselben auch zu vergleichenden Versuchen bei Lösungen gebrauchen, welche keinen Sauerstoff oder nur secundäre Resultate sei-

ner Wirkung liefern, deshalb also keine Anzeigen geben können, wenn die Educte an beiden Elektroden gesammelt werden. Diefs ist der Fall, wenn Lösungen von Ammoniak, Salzsäure, Chloriden, Jodiden, essigsauren oder anderen vegetabilischen Salzen u. s. w. angewandt werden.

735) In wenigen Fällen, wo Lösungen von leicht reducirbaren Metallsalzen der Einwirkung der negativen Elektrode ausgesetzt sind, kann der Sauerstoff mit Vortheil als die zu messende Substanz angewandt werden. Diefs ist zum Beispiel der Fall mit schwefelsaurem Kupferoxyd.

736) Es sind im Allgemeinen zwei Formen des Apparats, welche ich als Elektricitätsmesser vorschlage. Eine, in welcher beide Gase des zersetzten Wassers aufgefangen werden (709. 710. 711), und die andere, wo diefs nur mit einem der Gase, z. B. nur mit Wasserstoff, der Fall ist (707. 708.). Wenn es nur als ein *vergleichendes Instrument* gebraucht wird (wie ich es denn als solches in sehr ausgedehntem Maafsstabe gebrauchen werde), so erfordert es bei der Beobachtung oft keine besondere Vorsicht; wenn man es aber als einen *absoluten Messer* gebraucht, so wird es nöthig, dabei den barometrischen Druck und die Temperatur zu berücksichtigen, und eine genau graduirte Röhre anzuwenden. Hundertel und kleinere Theile eines Kubikzolls sind zu diesem Zweck ganz passend, und namentlich wird es sehr zweckmäfsig seyn, das Hundertel als Anzeiger eines *Grades* von Elektricität zu nehmen.

737) Es kann schwerlich von Nutzen seyn, noch weiter, wie es geschehen ist, die Gebrauchsweise dieses Instrumentes anzugeben. Man hat es in die Bahn des elektrischen Stromes zu bringen, dessen Wirkung sich an irgend einem anderen Orte äufsern soll, und, wenn 60° bis 70° Elektricität zu messen sind, entweder in einer oder mehren Portionen; der Strom, er mag stark

oder schwach seyn, ist so lange zu unterhalten, bis das Gas jene Anzahl von Abtheilungen oder Hunderteln eines Kubikzolles einnimmt. Soll eine zur Hervorbringung einer gewissen Wirkung nöthige Menge gemessen werden, so muſs man diese Wirkung eintreten lassen und dann die Angabe ablesen. Bei genauen Versuchen ist erforderlich, das Gasvolum in Bezug auf Veränderungen in der Temperatur, dem Druck und besonders der Feuchtigkeit [1]) zu berichtigen. Zu dem letzteren Zweck ist der Volta-Elektrometer (Fig. 11 Taf. III) der genaueste, da darin das Gas über Wasser gemessen werden kann, während die andern dasselbe über Säuren oder Salzlösungen einschlieſsen.

738) Ich habe keinen Anstand genommen, den Namen *Grad* zu gebrauchen, in Analogie mit dem Gebrauch, welchen man davon bei einem anderen sehr wichtigen Wesen, der Wärme nämlich, macht; und so wie dort die bestimmte Ausdehnung des Wassers, der Luft, des Quecksilbers u. s. w. zum Maaſs der Wärme genommen wird, so ist hier die eben so bestimmte Gasentwicklung in ähnlicher Weise für die Elektricität gebraucht.

739) Das Instrument ist der einzige *wirkliche Messer* der voltaschen Elektricität, welchen wir bisher kennen. Denn ohne im Geringsten ergriffen zu werden durch Veränderungen in der Zeit, oder der Intensität, oder durch Störungen irgend einer Art oder irgend einer Abkunft in dem Strome selbst, oder durch Unterbrechungen der Wirkungen, zeichnet es die Menge der durch dasselbe gegangenen Elektricität mit Genauigkeit und auf eine anschauliche Weise auf. Deshalb habe ich es *Volta-Elektrometer* genannt.

740) In vielen Fällen kann man bei der voltaschen Elektricität mit Vortheil eine andere Meſsart anwenden,

1) Behufs einer einfachen Tafel zur Berichtigung wegen der Feuchtigkeit nehme ich mir die Freiheit auf meine: *Chemical Manipulation*, Ausgabe von 1830, p. 376, zu verweisen.

beruhend auf der Menge von Metallen oder anderen Substanzen, die entweder als primäre oder secundäre Resultate entwickelt werden. Doch enthalte ich mich dieses Gebrauches der Educte, bis die Grundsätze, auf welchen ihre Beständigkeit beruht, vollkommen dargethan sind (791. 843).

741) Mit Hülfe dieses Instruments bin ich im Stande gewesen, die Bestimmtheit der elektro-chemischen Actionen in der allgemeinsten Weise festzusetzen; und ich bin überzeugt, dafs es, bei Erweiterung der Wissenschaft, welche dieser Ansichten bedarf, von sehr häufigem Gebrauche werden werde. Ich behaupte nicht, es im Einzelnen vollkommen gemacht, sondern nur die Richtigkeit des Princips und die Nützlichkeit seiner Anwendung erwiesen zu haben.

(Schlufs in nächster Lieferung.)

XXXI. *Analysen kohlenstoffhaltiger Verbindungen.*

Bei der Abfassung meines Lehrbuchs habe ich, wenn ich ungewifs war, oder wenn ich mir eigene Erfahrungen habe verschaffen wollen, einige Untersuchungen angestellt, wovon ich die Resultate aufgenommen habe, ohne das Einzelne der Versuche, insbesondere die Zahlenwerthe, anzuführen, welches aufser dem Plan des Lehrbuchs liegt. Ich hoffe dieses in eigenen Abhandlungen nachzuholen; von einigen Untersuchungen werde ich jedoch von Zeit zu Zeit blofs die Zahlen angeben, da ich, was mir sonst von Wichtigkeit schien, im Lehrbuche angeführt habe. Bei der Abfassung des ersten Artikels für das Lehrbuch habe ich von älteren Versuchen die von Bauhof über den Oxaläther benutzt; die neueren Versuche über die Gegenstände dieser und der anderen Artikel sind zu be-

kannt, als dafs ich sie zu erwähnen brauche. Ich will nur anführen, dafs in Geiger's Handbuch [1]) sich schon eine Notiz von Liebig über die Zusammensetzung der Harnsäure findet, welche vor der Abfassung dieses Artikels in meinem Lehrbuche gedruckt ist, und womit das Resultat meiner Analyse übereinstimmt.

Aetheroxalsäure und Aetheroxamid.

Aetheroxalsaures Kali. 1,4635 Grm. ätheroxalsaures gab geglüht 0,6560 Grm. kohlensaures Kali, und 3,6755 Grm. gab 1,6385 Grm.; nach dem ersten Versuch ist daher in 100 Theilen 30,56, nach dem zweiten 30,26 Kali, nach dem Mittel von beiden 30,41 enthalten. Das Salz war in einem Bade von kochendem Wasser getrocknet.

1,200 Grm. ätheroxalsaures Kali längere Zeit hindurch bei 100° durch einen Strom trockner Luft ausgetrocknet, verloren 0,002 Grm. an Gewicht; das Salz enthält folglich kein Krystallisationswasser.

0,613 Grm. von diesem getrockneten Salze wurde mit Kupferoxyd verbrannt, und gab 0,6175 Grm. Kohlensäure, worin 0,17089 Grm. Kohle und 0,1665 Grm. Wasser, worin 0,01846 Wasserstoff enthalten ist. 100 Theile gaben nach diesem Versuch 27,88 Kohlenstoff und 3,01 Wasserstoff. Aufserdem ist Kohlensäure beim Kali zurückgeblieben; wenn das Kupferoxyd durchaus nicht zersetzend auf das kohlensaure Kali einwirkt, beträgt diese auf 30,41 Th. kohlensauren Kali 9,70 Th., das Kupferoxyd treibt jedoch ungefähr ein Viertel der Kohlensäure aus dem kohlensauren Kali aus; man hat daher noch den Kohlenstoff von 7,28 Th. Kohlensäure, nämlich 2,02 Th. zu dem schon erhaltenen hinzuzurechnen. Das Salz enthält also 30,90 Procent Kohlenstoff.

Nach diesen Versuchen ist das einfachste Verhältnifs für die Zusammensetzung des Salzes:

1) Seite 984.

$8C = 31,16$ Kohlenstoff
$10H = 3,17$ Wasserstoff
$7O = 35,65$
$K + O = 30,02$.

Das Salz ist also neutrales ätheroxalsaures Kali ohne Krystallisationswasser, $4C\,10H\,O\ddot{C} + \dot{K}\ddot{C}$.

1,8805 Grm. ätheroxalsaures Kali mit einem Ueberschufs von Kali gekocht, wurde vollständig zerlegt, indem Alkohol und oxalsaures Kali sich bildeten. Die Flüssigkeit wurde genau neutralisirt, mit Chlorcalcium gefällt, und der erhaltene oxalsaure Kalk wurde durch Glühen in kohlensaure Kalkerde verwandelt; diese wog 1,188 Grm. Es war also 0,8882 Oxalsäure gebildet worden. 100 Theile ätheroxalsaures Kali gaben also durch Kali zersetzt 47,23 Theile Oxalsäure; nach der angeführten Zusammensetzung hätte man 46,12 erhalten sollen. Durch diesen Versuch, obgleich er nicht denselben Grad von Gewifsheit giebt, wie die Elementar-Analyse, wird die angeführte Zusammensetzung bestätigt.

Andere Salze, bei welchen die Kohle besser zu bestimmen ist, z. B. das Kupfersalz, konnten, weil sie sich so leicht zerlegen, zur Analyse nicht angewandt werden.

Aetheroxamid. 0,503 Grm. Aetheroxamid mit Kupferoxyd verbrannt, gab 0,276 Grm. Wasser, und 0,503 Grm. 0,2765 Grm. Wasser, 0,372½ Grm. gab 0,1965 Grm. Wasser; es folgt, so wie aus dem Kohlenstoffgehalt, welchen ich gleichfalls bestimmt habe, daraus, dafs durch einen Druck- oder Schreibfehler in der zweiten Analyse [1]) von Dumas statt 0,6 0,5 zu lesen ist. Da bei der zweiten Analyse von Dumas sonst nichts zu bemerken ist, so führe ich über die Zusammensetzung dieses Körpers keine weiteren Versuche an; er besteht aus:
8 Mfs. Kohlg., 14 Mfs. Wassg., 2 Mfs. Stickg., 6 Mfs. Sauerg. oder aus:

1) Annalen, Bd. XXXI S. 649.

neutrales äther-oxalsaures Ammon	$= 4C10H1O + 4C6O + 2N6H$
Wasser	$1O \quad + \quad 2H$
	$8C14H2N6O$ [1]

Da diese Substanz sich zur Aetheroxalsäure wie das Oxamid zur Oxalsäure verhält, so habe ich ihr den Namen Aetheroxamid statt Oxamethan gegeben.

Jodätherid.

Die Auffindung von Wasserstoffgas in dieser Substanz durch Dumas hat mich veranlaſst, da man, wenn man diese Substanz durch eine erhöhte Temperatur oder durch Metalle zerlegt, entweder gar kein, oder doch so wenig Wasserstoffgas erhält, daſs es zur Zusammensetzung der Substanz nicht wesentlich zu gehören scheint, die Bestimmung des Wasserstoffgehalts zu wiederholen.

2,491 Grm. Jodätherid, welches bei 100° in einem Bad von kochendem Wasser durch einen trocknen Luftstrom längere Zeit getrocknet worden war, gab, mit Kupferoxyd verbrannt, 0,059 Grm. Wasser, worin 0,00654 Grm. Wasserstoff, also 0,222 Proc. enthalten sind. Der Jod- und Kohlenstoffgehalt sind durch Versuche von Serullas und Dumas bestimmt. Die Verbindung enthält darnach:

$$3J = 96,63$$
$$1C = 3,12$$
$$1H = 0,25.$$

Sie ist gleichfalls so von Dumas zusammengesetzt gefunden; sie ist gebildet durch eine Verbindung von 4 Maaſs Jodgas und 1 Maaſs Aetheringas (ölbildendes Gas), aus welcher Verbindung 1 Maaſs Jodgas und 1 Maaſs Wasserstoffgas sich ausgeschieden haben. Den Namen für Verbindungen dieser Art habe ich in meinem Lehrbuch so gebildet, daſs ich dem elektro-positiven Bestandtheil die Endigung id angehängt habe; Dumas

1) Hiernach ist die Angabe Annal. Bd. XXXII S. 666 Zeile 11 zu corrigiren.

hat diesen Körper, welcher vorher unter dem Namen Jodkohlenstoff bekannt war, Jodoform genannt.

Harnsäure.

1,6015 Grm. Harnsäure mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 2,073 Kohlensäure, worin 0,5737 Kohlenstoff und 0,3435 Wasser, worin 0,038094 Wasserstoff enthalten sind; 0,500 Grm. gaben 143½ C. C. Stickstoffgas bei 757mm,9 corr. Barometerstand und 11°½ C., oder 0,173 Grm.; 100 Theile Harnsäure bestehen nach diesen Untersuchungen aus:

35,82 Kohlenstoff
2,38 Wasserstoff
34,60 Stickstoff
27,20 Sauerstoff.

Das einfachste Verhältnifs für die Zusammensetzung ist daher:

5 C = 36,00 Kohlenstoff
4 H = 2,36 Wasserstoff
4 N = 33,37 Stickstoff
3 O = 28,27 Sauerstoff.

Urinsäure (Hippursäure).

0,663 Grm. gab 1,425 Kohlensäure, worin 0,402 Kohlenstoff und 0,2975 Wasser, worin 0,330 Wasserstoff enthalten sind. 0,502 Grm. gaben 33 C.C. Stickstoffgas bei 766mm,7 corr. Barometerstand und von 12° C., oder 0,040 Grm. Stickstoff; darnach sind in 100 Th. Urinsäure enthalten:

60,63 Kohlenstoff
4,98 Wasserstoff
7,90 Stickstoff
26,49 Sauerstoff.

Das einfachste Verhältnifs für die Zusammensetzung der Urinsäure ist daher:

$$18C = 60{,}76 \text{ Kohlenstoff}$$
$$18H = 4{,}92 \text{ Wasserstoff}$$
$$2N = 7{,}82 \text{ Stickstoff}$$
$$6O = 26{,}50 \text{ Sauerstoff.}$$

Naphthalin.

0,430 Grm. gab 1,4655 Grm. Kohlensäure, worin 0,40558 Grm. Kohlenstoff und 0,743 Grm. Wasser, worin 0,0824 Grm. Wasserstoff enthalten ist; darnach sind in 100 Theilen Naphthalin 94,34 Kohlenstoff und 6,26 Wasserstoff enthalten. 0,574 Grm. Naphthalin gaben 0,323 Grm. Wasser, worin 0,03567 Grm. Wasserstoff enthalten ist; darnach sind in 100 Th. 6,25 Wasserstoff enthalten. 0,5905 Grm. Naphthalin gaben 2,0145 Grm. Kohlensäure, worin 0,4575 Grm. Kohlenstoff und 0,3315 Grm. Wasser, worin 0,36763 Grm. Wasserstoff enthalten sind, darnach ist in 100 Theilen Naphthalin 6,225 Wasserstoff und 94,44 Kohlenstoff enthalten. Da man den in der Analyse erhaltenen Ueberschufs auf die erhaltene Menge Wasser und Kohlensäure vertheilen mufs, so ist das einfachste Verhältnifs für die Zusammensetzung des Naphthalins:

5 Maafs Kohlenstoff =93,88
4 Maafs Wasserstoff = 6,12.

Dieses ist genau die Zusammensetzung, welche die Analysen von Faraday und Laurent gegeben haben.

Mitscherlich.

XXXII. *Ueber die künstliche Darstellung des Feldspaths.*

(Aus einem Briefe des Hrn. Prof. Kersten an E. Mitscherlich.)

Als einen kleinen Beitrag zu den Untersuchungen Ew. Wohlgeboren über die künstliche Darstellung der Mineralien aus ihren Bestandtheilen, erlaube ich mir anbei

einige recht schöne völlig bestimmbare Krystalle von *prismatischem Feldspathe* zu überschicken. Diese Krystalle sind bei dem Ausblasen eines Kupferrohofens (in welchem Kupferschiefer und Kupfererze verschmolzen wurden) an den Innenwänden desselben, in Begleitung von zinkischen Ofenbrüchen, auf der Kupferhütte in *Sangerhausen* gefunden, und Hrn. Bergrathe Freiesleben, dessen Güte ich sie verdanke, durch Hrn. Heine, einem früheren Zuhörer von mir, übergeben worden.

Ich theile Ew. Wohlgeboren in Folgendem kurz einige Versuche mit, welche ich mit diesen Krystallen angestellt habe; sie sind zwar wegen der geringen Menge des Materials, das mir zu Gebote stand, nicht erschöpfend, jedoch werden Ew. Wohlgeboren gewifs durch Behandlung der anliegenden Krystalle meine Untersuchungen vervollständigen.

In Bezug auf die naturhistorischen Eigenschaften dieser auf *pyro-chemischem Wege* entstandenen Feldspathkrystalle bemerke ich, dafs unter ihnen sich sowohl einfache als Zwillingskrystalle befinden, bei welchen letzteren die Zusammensetzungsfläche parallel einer Fläche von $\frac{\bar{P}r}{2}$ und die Umdrehungsaxe auf derselben senkrecht zu seyn scheint. Die Zusammensetzungsstücke sind körnig und die Theilbarkeit scheint nach $\frac{\breve{P}r}{2}$ vollkommen zu seyn. Der Bruch ist muschlig und die Oberfläche zum Theil glatt, zum Theil vertical gestreift. Die Krystalle besitzen Glasglanz und eine blafs rosenrothe in's Violblaue übergehende Farbe. Sie sind durchsichtig, spröde und von der Härte des Feldspathes (=6 nach Mohs); ihr Pulver ist schmutzig weifs. Das spec. Gewicht der Krystalle habe ich nicht bestimmt, indem ich fürchtete,

dafs die Bestimmung durch die mit den Krystallen innig gemengte Kohle ungenau ausfallen möchte, und erst im Verlaufe der chemischen Untersuchung fand, dafs die Krystalle durch Erhitzen mit salpetersaurem Ammoniak sich völlig rein darstellen lassen.

Die Krystalle geben in einer, an einem Ende zugeschmolzenen, Glasröhre erhitzt, kein Wasser aus, erleiden auch hierbei weiter keine Veränderung, als dafs sie etwas blasser werden.

Zwischen der Platinzange vor dem Löthrohr erhitzt, werden die Krystalle ebenfalls etwas blasser und runden sich an den Kanten, jedoch nur bei dem stärksten Feuer, ab. Für die Färbung der Flamme ist hiebei nichts zu bemerken.

In *Borax* lösen sich die Krystalle nur sehr langsam zu einem in der Wärme farblosen Glase auf, das nach dem Erkalten einen Stich in's Violette zeigt; die Auflösung geht ruhig, ohne Brausen, von statten. Auch bei starker Sättigung wird das Glas nicht geflattert.

Von *Phosphorsalz* werden die Krystalle nur schwach angegriffen. Nach längerem Blasen bleibt ein Skelett von Kieselerde in der Form des angewandten Krystallsplitters zurück. Sowohl warm als erkaltet ist die Probe farblos. Bei dem Erkalten wird sie jedoch etwas unklar.

Soda löst das Pulver der Krystalle schwierig, aber vollständig zu einem durchsichtigen Glase, welches sehr blasig ist, auf. Durch Zusammenschmelzen der gepulverten Krystalle auf Platinblech giebt sich eine Spur *Mangan* zu erkennen, indem die geschmolzene Masse, auf Zusatz einer kleinen Menge Salpeters, nach dem völligen Erkalten, schwach türkisfarben erscheint. Weder von Salpetersäure noch Salpetersalzsäure werden die feingepulverten Krystalle in der Wärme zerlegt. Die Säure, welche längere Zeit mit dem Krystallpulver in Berührung gewesen war, verdampft in einer Platinschale ohne Hinterlassung eines merklichen Rückstandes.

Da die geringe Menge der Krystalle, welche ich

besafs, keine genaue quantitative Untersuchung gestattete, so stellte ich damit nur folgende quantitative Versuche an, welche jedoch hinlänglich die Identität dieses Kunstproductes mit dem natürlichen Feldspathe constatiren dürften.

Ein halbes Gramm der zum feinsten Pulver geriebenen Krystalle wurde mit 3 Grm. ebenfalls feingeriebenen salpetersauren Baryts gemengt, und in einem Silbertiegel, welcher in einen Thontiegel gesetzt worden war, geglüht. Anfänglich schäumte die Masse stark. Sie wurde nach dem Erkalten mit Wasser aufgeweicht, nach dem Uebersättigen mit Chlorwasserstoffsäure zur Trocknifs verdampft und hierauf wiederum in ungesäuertem Wasser aufgenommen. Hierbei schied sich Kieselerde ab, welche mit Soda zu einer kleinen Perle zusammenschmolz, und sich vollständig in einer concentrirten Auflösung von kohlensaurem Natron auflöste und damit eine Gallerte bildete. Aus der von der Kieselerde abgetrennten Flüssigkeit wurde der Baryt durch verdünnte Schwefelsäure gefällt und sodann kohlensaures Ammoniak wiederum hinzugefügt; dieser Niederschlag wurde abfiltrirt. Nach dem Befeuchten und Erhitzen mit Kobaltsolution nahm er eine blaue Farbe an, wodurch sich die Gegenwart von Thonerde erwies.

Die abfiltrirte Flüssigkeit wurde eingedampft, der Rückstand geglüht u. s. w.

In der erhaltenen Flüssigkeit brachte Platinchlorid einen gelben Niederschlag von Kaliumplatinchlorid hervor; sonach war auch die Gegenwart von Kali dargethan. — Durch diese Versuche ergab sich, dafs diese Krystalle in ihrer Mischung *Kieselerde*, *Thonerde* und *Kali*, — also die Bestandtheile des Feldspathes enthielten. Als unwesentliche Bestandtheile ergaben sich noch Spuren von Manganoxyd und Kalkerde.

Da die Kupferschmelzarbeiten mit Holzkohlen betrieben werden, und man diese auch zur Anfertigung der

Herd- oder Sohlenmassen angewendet, so rührt das Kali wahrscheinlich hiervon her; auf welche Weise jedoch diese Krystalle entstanden sind, wage ich nicht zu erörtern, da mir die Umstände, unter denen sie sich erzeugten, unbekannt sind. — Da Ew. Wohlgeboren in Deren Abhandlung: *Ueber das Verhältniſs der Krystallform zu den chemischen Proprtionen* (III. Abth., in den Abh. der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin, 1822 bis 1823, S. 24 bis 41), nichts über die künstliche Bildung von Feldspath anführen, so dürfte diese wahrscheinlich bis auf dem vorliegenden Fall noch nicht beachtet worden seyn *).

Freyberg, den 11. October 1834.

C. Kersten.

1) Ich habe sowohl vor dieser Zeit als auch späterhin zu wiederholten Malen vergebens versucht durch Schmelzen von reinem Feldspath oder durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile desselben den Feldspath in Krystallen darzustellen; ich habe stets eine glasige Masse ohne irgend eine Spur krystallinischer Textur erhalten. Ich habe theils mehrere Pfunde im Gebläseofen geschmolzen und langsam erkalten lassen, theils hat Hr. Ober-Bergrath v. Dechen die Güte gehabt, Feldspath nach Schlesien zu schicken, und in den dortigen Zinköfen schmelzen und mehrere Tage hindurch langsam erkalten lassen. Ich habe es im Allgemeinen aufgegeben, bei unseren gewöhnlichen Operationen Mineralien, welche Thonerde und Kali enthalten, in Krystallen zu gewinnen, weil diese Verbindungen, ehe sie schmelzen, aus dem festen in einen zähen Zustand, wie dieses beim Glase bekannt genug ist, übergehen. Auch den geschmolzenen Feldspath kann man in dünne Fäden ausziehen, welche man auch zuweilen im Trachyt, z. B. am Mont-Dore beobachtet. Von Mineralien, welche Thonerde enthalten, habe ich bisher nur den Idokras und den Granat, und zwar nur den ersteren in guten Krystallen erhalten. Die Krystalle, welche Hr. Kersten mir zuzuschicken die Güte gehabt hat, zeigen die primitiven Flächen des schiefen Prismas und die Abstumpfung der scharfen Seitenkanten; nach dieser Abstumpfung und der Endfläche, welche, so viel durch Messung zu bestimmen war, 90° mit einander machen, findet eine deutliche Spaltungsrichtung statt. Durch künstliche Darstellung des Feldspaths ist unstreitig die schwerste Aufgabe für die künstliche Darstellung der Mineralien, welche für die Geschichte der Erdoberfläche von Wichtigkeit sind, gelöst; und hoffentlich wird es bald gelingen ihn willkührlich darzustellen.

Mitscherlich.

XXXIII. *Ueber die Darstellung von krystallisirtem Chromoxyd.*

von F. Wöhler.

Eisenoxyd, Chromoxyd und Thonerde machen unter den isomorphen Körpern eine der interessantesten Gruppen aus. In den spinellartigen Mineralien behaupten sie diesen Charakter als elektro-negativer, in den Alaunen als elektro-positiver Bestandtheil. Bei dem Eisenoxyd und der Thonerde ging die Isomorphie schon aus der Identität der Krystallformen dieser Substanzen im isolirten Zustande hervor, da sie als Eisenglanz und Korund im Mineralreich krystallisirt vorkommen. Bei dem Chromoxyd war diese unmittelbare Vergleichung der Form unmöglich, weil es, auf den bisher bekannten Wegen bereitet, nur als ein durchaus unkrystallinisches, grünes Pulver bekannt war. Ich habe gefunden, dafs es, unter anderen Umständen gebildet, ebenfalls der ausgezeichnetsten Krystallisation fähig ist, und diefs gab Gelegenheit zu beobachten, dafs seine Krystallform vollkommen mit der der beiden anderen erwähnten Körper übereinkommt.

Das krystallisirte Chromoxyd bildet sich sehr leicht, wenn man das flüssige Chromsuperchlorid in Dampfform einer schwachen Glühhitze aussetzt.

Dieser merkwürdige Körper ist eigentlich, wie H. Rose zuerst fand, eine Verbindung von 2 Atomen Chromsäure mit 1 Atom Chromsuperchlorid ($\mathrm{Cr\,Cl^3 + 2\dddot{C}r}$). Leitet man seinen Dampf durch eine glühende Glasröhre, so wird er zerlegt in Chromoxyd, welches sich in der Röhre absetzt, und in ein Gemenge von Chlorgas und Sauerstoffgas. Fängt man das Gas über Kalkmilch auf, so wird das Chlorgas absorbirt, und es bleibt ein Gas zurück, welches reines Sauerstoffgas ist. Diese sonder-

bare Zersetzungsweise dieser Verbindung stimmt mit Rose's analytischem Resultat vollkommen überein. Es wird dadurch nicht allein die Gegenwart des Sauerstoffs direct bewiesen, sondern auch die angegebene Proportion bestätigt. Denn enthielte die Verbindung z. B. nur 1 At. Chromsäure, so könnte, bei übrigens gleich bleibender Zersetzung kein Sauerstoffgas frei werden.

Die Beschaffenheit des so gebildeten Chromoxyds ist höchst merkwürdig. Es ist nicht grün, sondern schwarz und vollkommen metallglänzend. Es setzt sich in zusammenhängenden, im Bruche krystallinischen Massen ab, deren innere Seite mit den schärfsten und regelmäfsigsten Krystallen bedeckt ist, die alle Zwillinge sind. Gleich wie der schwarze Eisenglanz ein rothes Pulver giebt, so giebt das krystallinische Chromoxyd ein grünes Pulver. Seine Härte ist aufserordentlich und scheint der des Korunds nicht nachzustehen. Es ritzt in Bergkrystall, in Topas, in Hyacinth, und Glas wird davon ordentlich geschnitten, wie von Diamant. Sein specifisches Gewicht fällt mit dem des Eisenglanzes fast ganz zusammen; es ist =5,21.

Die schönsten Krystalle von Chromoxyd erhält man auf folgende Weise: In eine kleine Retorte von etwas schwer schmelzbarem Glas füllt man eine oder einige Unzen Chromsuperchlorid, und führt den Hals derselben, nur wenig geneigt und ohne zu berühren, in ein Gefäfs, welches man glühend machen kann, z. B. in eine sogenannte Probirtute, in ein Stück eines weiten Porzellanrohrs u. dergl. Ich bediente mich dazu eines aus hessischer Tiegelmasse verfertigten Kolbens, bis in dessen Kugel der Hals der Retorte reichte. Dieses Gefäfs bringt man zum starken Glühen, und wenn es glüht, versetzt man das Superchlorid in der Retorte in gelindes Kochen, und fährt damit gleichförmig fort, bis es ganz abdestillirt ist. Indem sein Gas durch den heifsen Retortenhals geht, wird es zersetzt, und nach der Operation findet man die-

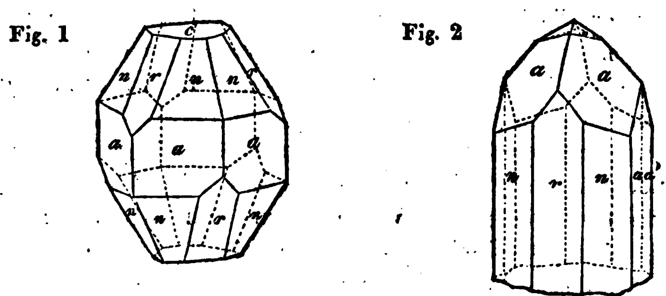
sen mit der brillantesten Krystallisation ausgekleidet, die sich in ganzen Krusten leicht von dem Glase ablösen läfst.

Die Bereitung des Chromsuperchlorids betreffend, so scheint mir folgendes Verfahren das vortheilhafteste zu seyn: Man schmilzt in einem gewöhnlichen Tiegel 3 Atomgewichte, =10 Theile, Kochsalz, mit 3 Atomgewichten, =16,9 Theilen, neutralem chromsauren Kali zusammen, giefst die Masse aus und zerschlägt sie in gröfsere Stücke, die man in eine geräumige Tubulat-Retorte füllt. Nachdem man eine Vorlage angelegt und diese mit nassem Papier umgeben hat, giefst man 12 Atomgewichte oder ungefähr 30 Theile concentrirter, am besten rauchender, Schwefelsäure auf die Masse. Augenblicklich findet eine so heftige Einwirkung statt, dafs in wenigen Minuten das Superchlorid gebildet und überdestillirt ist, ohne Anwendung von äufserer Wärme. Was nachher noch mit Hülfe von untergelegtem Feuer übergeht, beträgt nur wenig, und wird leicht von einer, zuletzt mit übergehenden, Chromsäure und Schwefelsäure haltenden Verbindung verunreinigt. Bei Anwendung der obigen Proportionen wird alles Chrom gerade auf in die rothe Chlorid-Verbindung verwandelt, und es bleibt nur schwach grün gefärbtes saures schwefelsaures Alkali zurück. Diese Operation ist zugleich als ein sehr belehrender und leicht ausführbarer Vorlesungs-Versuch zu empfehlen.

XXXIV. *Ueber die Krystallform des Chromoxyds;*
von Gustav Rose.

Hr. Prof. Wöhler übersandte mir einen Theil der in der vorigen Abhandlung beschriebenen Krystalle, mit dem Wunsche, dafs ich ihre Krystallform untersuchen und dadurch bestimmen möchte, ob sie mit der des Eisenoxyds und der Thonerde (des Eisenglanzes und des Korundes) übereinstimme, wie es wahrscheinlich wäre, da diese Oxyde Verbindungen bilden, die mit anderen des Chromoxyds isomorph sind. Durch die Messung der Krystalle bestätigte sich diese Vermuthung auch vollkommen, wiewohl das Ansehen der Krystalle ganz fremdartig ist, und keinesweges auf den ersten Anblick die Krystallform des Eisenglanzes erkennen läfst. Die Krystalle waren nämlich Zwillingskrystalle; die Individuen derselben würden, wenn sie vollständig wären, die Fig. 1 dargestellte Form haben, welche eine sehr gewöhnliche Form des Eisenglanzes und des Korundes ist. *r* sind die Flächen des Rhomboëders, das in den Endkanten den Winkel von ungefähr 86° hat, *n* die des Skalenoëders, dessen Endkanten in diesem Falle gleich sind, *a* des zweiten 6seitigen Prismas, worauf die Flächen des Skalenoëders gerade aufgesetzt sind, *c* die gerade Endfläche. Die Zwillingskrystalle haben die Fig. 2 dargestellte Form. Die Individuen derselben sind nicht wie gewöhnlich bei den Zwillingen des Eisenglanzes mit der geraden Endfläche, sondern nach einer Rhomboëderfläche mit einander verwachsen, die sich zwar auch bei dem Eisenglanze als Zwillingsebene findet, wie z. B, bei den Krystallen vom Gotthardt, doch viel seltener als die gerade Endfläche; auch sind sie ferner noch dadurch ausgezeichnet, dafs sie

in der Richtung der schiefen Diagonale der gemeinschaftlichen Rhomboëderfläche verlängert sind. Die Fläche *r* ist diese Rhomboëderfläche; die beiden angränzenden Flächen des Skalenoëders *n* bilden ein geschobenes vierseitiges Prisma von ungefähr 128°, dessen stumpfe Seitenkante die Flächen *r* gerade abstumpfen. Von den Flächen des 6seitigen Prismas bilden 2 Flächen des einen und des andern Individuums eine 4flächige Zuspitzung, die auf die Flächen des Prismas *n* schief aufgesetzt ist, und dessen vorderen und hinteren Endkanten also 120°, die zur Seite liegenden, durch welche die gemeinschaftliche Ebene hindurchgeht, denselben Winkel von 86° betragen, unter welchem die Rhomboëderflächen des einfachen Krystalls gegen einander geneigt sind. An dem entgegengesetzten Ende würden die parallelen Flächen einspringende Winkel bilden, doch sind diese nicht zu sehen, da die Krystalle mit diesen Enden aufgewachsen sind. Die übrigen Flächen des 6seitigen Prismas bilden



am Zwillingskrystall die geraden Abstumpfungsflächen der scharfen Seitenkanten des vierseitigen Prismas *n*, da zwei an der gemeinschaftlichen Ebene angränzende Flächen in *eine* Ebene fallen. An den Endspitzen sieht man noch häufig Skalenoëderflächen, auch die geraden Endflächen, die einen gegen einander einspringenden Winkel bilden, welche letztere aber in der Zeichnung weggelassen sind.

Die Krystalle, welche ich von der Kruste, die sie zusammen bildeten, herunter nehmen konnte, waren höch-

stand 1 Linie lang, ihre Flächen waren zum Theil außerordentlich glatt und glänzend, doch gewöhnlich hatten diese Beschaffenheit nur die des einen Individuums des Zwillings, während die des anderen rauh waren. Dieser Umstand, der vielleicht durch die Lage der Krystalle bedingt war, verbunden mit der Kleinheit der Krystalle, erschwerte doch, ungeachtet des außerordentlichen Glanzes und der Glätte einzelner Flächen, die genaue Bestimmung der Winkel. Bei einem der schönsten Krystalle maſs ich die Neigung der Rhomboëderfläche, gegen eine Skalenoëderfläche, beide Flächen waren sehr glatt und glänzend; ich fand ihre Neigung von 154° 0'; berechnet man daraus den Endkantenwinkel des Rhomboëders, so beträgt er 85° 58'. Die Neigung der Rhomboëderfläche gegen die auf der andern Seite angränzende Skalenoëderfläche konnten nicht gemessen werden, da diese Fläche uneben und zum Theil verbrochen war.

Bei einem zweiten Krystall maſs ich die Neigung zweier Flächen *a*, die der gemeinschaftlichen Ebene anliegen. Dieser Winkel ist, wie schon angeführt, gleich dem Endkantenwinkel des Rhomboëders, ich fand ihn von 85° 52'.

Bei einem dritten Krystall maſs ich die Neigung einer Rhomboëderfläche gegen eine Fläche des 6seitigen Prismas (die andere war wiederum zur Messung nicht tauglich), ich fand die erstere von 137° 3'; das Complement dieses Winkels doppelt genommen, ist gleich dem Endkantenwinkel des Rhomboëders, der hiernach 85° 54' beträgt.

Bei dem ersten Krystalle waren die gemessenen Flächen am gröſsten, so wie sie auch am glattesten und glänzendsten waren; bei den beiden andern Krystallen waren die Flächen kleiner, und die reflectirten Bilder etwas weniger scharf. Die erste Messung war daher die genauste von den drei angestellten, aber die Flächen selbst waren die unvortheilhaftesten, um daraus die Win-

kel des Rhomboëders zu berechnen, da der bei der Messung begangene Fehler sich für den Winkel des Rhomboëders um das 6fache vermehrt, während er sich bei der dritten Messung nur verdoppelt, und die zweite Messung den Rhomboëderwinkel selbst gegeben hat. Würde die erste Messung nur einen Winkel von 153° 59′ gegeben haben, so würde hiernach der Endkantenwinkel des Rhomboëders 85° 52′ betragen, und man mit der zweiten Messung ganz übereinstimmen. — Sonach ist es schwer irgend einer Messung den Vorzug zu geben. Nimmt man das Mittel aus allen dreien, so ist diefs 85° 55′, und vergleicht man diesen Winkel mit dem Rhomboëderwinkel der andern beiden isomorphen Oxyde des Eisenoxyds und der Thonerde, die, nach den Messungen von Mohs, 85° 58′ und 86° 6′ betragen, so ergiebt sich, dafs unter diesen das Rhomboëder des Chromoxyds den schärfsten Endkantenwinkel hat.

Die Spaltungsflächen des Chromoxyds gehen parallel den Flächen des Rhomboëders, wie bei den entsprechenden isomorphen Oxyden, und sind recht vollkommen. Hr. Prof. Wöhler hatte in die Röhre, worin sich die Krystalle absetzten, eine 6seitige Tafel von Eisenglanz gelegt, das sich absetzende Chromoxyd hatte sich ganz gemäfs den Erscheinungen, die man auch bei andern isomorphen Körpern beobachtet hat, auf die Hauptfläche der Tafel, vollkommen entsprechend den Structurrichtungen des Eisenglanzes, abgelagert, und auf der Tafel eine Schicht mit etwas rauher Oberfläche gebildet, die dicker als die Tafel selbst war. An dieser Tafel, die mir Prof. Wöhler ebenfalls geschickt hatte, konnte man wegen der gröfseren Masse die Spaltungsflächen besonders gut beobachten; ich konnte noch ziemlich gut ihre Neigungen mit dem Reflexionsgoniometer messen, aber die Flächen waren doch nicht so glatt, dafs die Messungen ein sehr scharfes Resultat gegeben hätten. Verglichen mit dem darunter befindlichen Eisenglanz waren die Spaltungsflä-

chen viel vollkommner, bei dem Eisenglanz sind die Spaltungsflächen nur unterbrochen, sie springen in muschligen Bruch über, und der Bruch im Allgemeinen erscheint daher bei dem Eisenglanz glänzender als beim Chromoxyd.

Die Farbe der Krystalle ist, wie schon Prof. Wöhler angeführt, schwarz, doch hat sie schon einen starken Stich in's Grün; das Pulver ist ein schönes helles Grün, der Glanz der Krystalle metallischer Demantglanz.

Die Härte scheint, wie ebenfalls schon bemerkt ist, mit der des Korundes völlig überein zu kommen. Scharfe Ecken des Korundes nutzen sich etwas auf dem Chromoxyd, wie scharfe Ecken des Chromoxyds auf dem Korunde ab, ohne einen Eindruck hervorzubringen. Topas wird mit Leichtigkeit geritzt. Diese aufserordentliche Härte der Krystalle machen diese interessante Entdekkung des Hrn. Prof. Wöhler noch ganz besonders bemerkenswerth.

XXXV. *Notiz, das Gasteiner Mineralwasser betreffend.*

Ich habe von mehreren Seiten vernommen, dafs meine Versuche über das Gasteiner Mineralwasser von einigen Naturforschern als Stütze gewisser hypothetischer Meinungen über die Natur der Mineralwässer überhaupt angesehen werden, zu denen sie doch in gar keiner Beziehung stehen.

Als ich im Jahre 1829 nach Gastein kam, unternahm ich es, blofs zu meinem Vergnügen, die elektrische Leitungsfähigkeit des dortigen Mineralwassers im Vergleiche mit jener des reinen destillirten Wassers zu prüfen, um zu sehen, ob denn die Meinung Jener einigen Grund habe, welche die Heilkräfte des Wildbades in der besonderen Reinheit des Wassers zu finden glauben. Ich bediente

mich zu dieser Untersuchung eines elektrischen Multiplicators, und die namhafte Ablenkung der Magnetnadel zeigte bald, dafs das betreffende Mineralwasser die Elektricität viel stärker leite, als destillirtes, ja sogar stärker als das dortige Mineralwasser. Ob man aber aus der Bewegung der Magnetnadel auf die Existenz eines magnetischen Princips in Gasteins Heilquelle schliefsen darf, überlasse ich jenen zu entscheiden, die nicht gerne bei den aus reinen Thatsachen richtig gefolgerten Schlüssen stehen bleiben; ich für meine Person sehe darin nichts, als was jeder nüchterne Physiker sehen mufs; von einem magnetischen Principe in den Mineralwässern und ähnlichen Dingen habe ich nie gesprochen.

A. Baumgartner.

XXXVI. *Springbrunnen und unterirdischer Donner, durch das Meer veranlafst.*

(Wir entlehnen diese interessante Notiz aus dem Werkchen: *Wanderungen durch Sicilien und die Levante* (Berlin 1834) Bd. 1 S. 406, dessen ungenannter, aber uns wohl bekannte Verfasser hinreichend Bürge für die Richtigkeit ihres Inhalts ist.)

Ein maltesischer Uhrmacher besafs ein Landgut auf der nordwestlichen Ecke von Gozzo, wo ein ebenes Fels-Plateau sich unmerklich zum Meere absenkt. Das Ufer hat hier eine senkrechte Höhe von 40 bis 50 Fufs. Der Mann kam auf den Gedanken, dort ein Salzwerk anzulegen, indem er ganz flache breite Vertiefungen in den leicht zu bearbeitenden Kalkstein hauen liefs, welche das Meerwasser aufnehmen sollten. Aus Erfahrung wufste er, dafs in der Sommerhitze diefs Wasser sehr schnell verdampft und einen beträchtlichen Niederschlag des reinsten Kochsalzes zurückläfst. Unter seinen Salzpfannen befand sich eine weite Höhle, welche mit dem Meere in

Verbindung stand. Er trieb also ein senkrechtes Bohrloch bis in den Raum der Höhle, und förderte mittelst einer Reihe von Schöpfeimern das Meerwasser herauf. Anfangs liefs sich die Sache ganz gut an. Die Verdampfung ging in den heifsen Sommertagen so schnell vor sich, dafs die Pfannen immer von Neuem gefüllt werden mufsten, und ein reicher Salzniederschlag zu erwarten stand. Nicht geringe war daher die Ueberraschung des Besitzers, als er bemerkte, dafs das Wasser nicht verdunste, sondern von dem porösen Kalkstein eingesaugt, und so dem Meere wieder zugeführt werde; auf dem Grund der Pfanne hatte sich ein dicker thoniger Niederschlag gebildet, der nur einen geringen Salzgehalt zeigte. Aus Verdrufs über das Mifslingen seines Planes fiel der Mann in eine schwere Krankheit und die kostbar angelegten Vorrichtungen blieben ungenutzt stehen.

Darüber ging der Sommer hin, und die eintretende rauhe Jahreszeit brachte neues Unglück. Wenn ein Sturm aus West oder Nordwest das Meer in die Höhe unter den Salzpfannen hineintrieb, so wurde das Wasser auf's Heftigste zusammengeprefst, und suchte mit aller Gewalt einen Ausweg. Dieser war durch das Bohrloch gegeben, und man sah aus demselben einen prachtvollen Springbrunnen von 60 Fufs Höhe emporsteigen, der, sich oben allmälig ausbreitend, in Form einer mächtigen Garbe zurückfiel. Aber ein grofser Theil des Strahls wurde von den Winden weit über die Gränzen von des Uhrmachers Landgütchen hinweg geführt, und vernichtete durch seinen Salzgehalt den mühsamen Fleifs der Bearbeitung. Von allen Nachbarn wurden ihm Processe um Entschädigung an den Hals geworfen, und der arme, von allen Seiten bedrängte Mann konnte nichts Besseres thun, als im nächsten Frühjahr an der Auszehrung sterben.

Nun waren die Nachbarn schnell darüber her, füllten das Bohrloch mit Steinen aus, und glaubten Ruhe zu haben. Diefs gab zu einer neuen aufserordentlichen

Erscheinung Anlafs. Während der guten Jahreszeit spürte man nichts, aber mit dem Herannahen der Winterstürme liefs sich in dieser Gegend der Insel ein unterirdisches Getöse hören, welches bald wie einzelne Kanonenschüsse klang, bald dem stärksten Donner gleich kam, und von der in der Höhle zusammengedrückten Luft herzurühren schien. Dieser Druck wirkte aber auch auf die Steine, mit denen das Bohrloch angefüllt war. Die unteren wurden weggespült, die oberen sanken nach, das Loch ward wieder frei, und sogleich bildete sich der salzige Springquell, welcher seine zerstörenden Fluthen auf die zunächst gelegenen Aecker schleuderte. Man eilte, die Oeffnung von Neuem zuzustopfen, und der unterirdische Donner stellte sich mit derselben Heftigkeit wieder ein. Bis jetzt hat man den Brunnen drei Mal zugeschüttet, und schwebt immer in der Furcht eines nochmaligen Ausbruches.

Auf einer Insel des adriatischen Meeres *Meleda* (bei den Alten *Melite* genannt, wie unser *Malta*) hat man einen ähnlichen, nur viel schwächeren unterirdischen Donner bemerkt, der sich auch bei stürmischem Wetter einzustellen pflegt, und, so wie hier, nichts Anderes zu seyn scheint, als die periodischen Entladungen der in den tiefen Höhlen zusammengedrängten Luft [1]).

1) Doch war er dort auch von Erderschütterungen begleitet. — S. Bericht über das Detonationsphänomen auf der Insel Meleda, von P. Partsch (Wien 1826), — auch dies. Ann. VII S. 292 und IX S. 597. *P.*

XXXVII. *Ueber das Vorkommen des Arragonits in dem Wasser der artesischen Brunnen in Tours.*

Die Hypothese, dafs die in Mineralwässern gelösten Substanzen wohl als eigene Minerale betrachtet werden könnten, hat Hrn. Félix Dujardin veranlafst, Proben solchen Wassers auf einer durch ein Sandbad erwärmten Glasplatte langsam abdunsten zu lassen, und das pulverförmige Häutchen, welches sich im ersten Augenblick auf der Oberfläche der Flüssigkeit bildet, unter dem Mikroskop zu untersuchen. Dadurch fand er, dafs das Wasser der artesischen Brunnen zu Tours ungefähr 0,0003 von Substanzen gelöst enthält, die fast ganz aus kohlensaurem Kalk besteht, abgelagert auf andere Häutchen dieses nämlichen Carbonats, welche in Prismen, wie der Arragonit, krystallisirt waren. Diefs veranlafste ihn das Wasser auf einen Strontiangehalt zu prüfen, den er auch wirklich fand. Unter den nämlichen Umständen setzte das Wasser der dortigen Quellen, welche alle ihren Ursprung zwischen der Kreide und dem Süfswasserkalk nehmen, kohlensauren Kalk von rhomboëdrischer Form ab, und das Wasser der Brunnen daselbst, welches salpetersaures Kali nebst kohlensaurem Kalk, Chloriden und Sulfureten enthält, ein irisirendes Häutchen, worin sich ein wenig später ein krystallisirtes Gemeng von rhomboëdrischem kohlensauren Kalk und schwefelsaurem Kalk unterscheiden liefs. Das Wasser der Loire zeigte hingegen diese Häutchen nie. — Hr. D. erinnert hiebei an die i. J. 1831 an einem der artesischen Brunnen von Tours beobachtete sonderbare Erscheinung des Auswurfes, von Landmuscheln Samen und Ueberbleibseln von Insecten (Annal. Bd. XXI S. 353), und meint dieselbe, verbunden mit der Thatsache, dafs diese Brunnen aus Grünsand und Kreide hervorkommen, welche beide keinen Arragonit enthalten, führe zu der Folgerung, dafs diefs Wasser aus einer Gegend herstamme, wo sich Arragonit vorfinde. (*Ann. de chim. de phys. T. LV p.* 215.)

1834. ANNALEN №. 23.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

XXXVIII. *Versuch, die Absorption des Lichts nach der Undulationstheorie zu erklären; vom Baron Fabian von Wrede.*

Königl. Schwedischer Artillerie-Capitain.

Die mathematische Genauigkeit, mit welcher die meisten optischen Erscheinungen durch die Undulationstheorie erklärt werden, die Einfachheit der ersten Grundsätze dieser Theorie, so wie die Analogie, die sie zwischen den beiden Mitteln voraussetzt, welche die Natur den lebenden Wesen zur Wahrnehmung und Unterscheidung der sie umgebenden äufseren Gegenstände verliehen hat, macht diese Theorie an und für sich höchst wahrscheinlich, wiewohl es noch nicht geglückt ist, alle einzelnen Phänomene unter ihre allgemeinen Gesetze zu bringen. Halten wir uns auch nicht für befugt, über den relativen Werth dieser Theorie zu urtheilen, so scheint doch Alles für sie zu sprechen, wenn wir sie mit der Emissionstheorie vergleichen, da diese mit allen ihren zusammengesetzten und wenig wahrscheinlichen Hülfsmitteln nur von einer beschränkten Anzahl der optischen Phänomene Rechenschaft abzulegen vermag, während sie eine Menge anderer ohne Erklärung läfst, welche die Undulationstheorie nicht nur vollständig erklärt, sondern auch vorausgesagt hat, ehe sie beobachtet worden sind.

Der wichtigste Einwurf, den man der Undulationstheorie gemacht hat, ist der: dafs sie die *Dispersion* und *Absorption* unerklärt lasse.

Was die Dispersion betrifft, so hat Fresnel sie zwar nicht erklärt, aber doch wenigstens gezeigt, dafs sie in keinem Widerspruch mit der Undulationstheorie stehe. Er hat nämlich nachgewiesen, dafs die Schnelligkeit, mit welcher das Licht durch ein elastisches Mittel

fortgepflanzt wird, nur dann von der Wellenlänge unabhängig seyn könne, wenn die gegenseitigen Wirkungssphären der Molecüle des elastischen Mittels so klein sind, dass man sie in Vergleich zur Wellenlänge als Null betrachten kann. Ist diess nicht der Fall, so muss die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für die kürzeren Lichtwellen kleiner als für die längeren werden, was auch die Undulationstheorie nach den über die Dispersion des Lichts gemachten Beobachtungen voraussetzen muss.

Ich werde nun zum eigentlichen Gegenstand dieses Aufsatzes — zur *Absorption des Lichtes* — übergehen.

Brewster, welcher mehr als ein Anderer die mit der Absorption des Lichts verknüpften Erscheinungen aufmerksam verfolgt, und unsere Kenntnisse sowohl in diesem als den übrigen Theilen der Optik vermehrt hat, giebt in dem Aufsatz, wo er die merkwürdige Entdekkung beschreibt, dass gewisse farbige Gase das Vermögen besitzen, eine unzählige Menge Lichtsorten zu absorbiren, und andere dazwischen liegende frei hindurchzulassen, eine Zusammenstellung derjenigen Absorptionserscheinungen, welche er als der Undulationstheorie geradezu widersprechend ansieht. Unter andern drückt er sich folgendermaßen aus:

»Dass die Undulationstheorie als physikalische Vorstellung der Lichterscheinungen mangelhaft sey, ist selbst von deren aufrichtigsten Anhängern eingeräumt worden; und diesen Mangel, in so weit er sich auf die Dispersion des Lichts bezieht, hat Sir John Herschel als einen der furchtbarsten Einwürfe bezeichnet. Dass sie als physikalische Theorie noch anderen Angriffen ausgesetzt sey, werde ich nun zeigen, und ich will es dabei der Aufrichtigkeit der Leser überlassen, zu entscheiden, ob sie mehr oder weniger furchtbar als die bereits angegebenen sind [1]).« Alle diese neuen Einwürfe Brewster's

1) Diese Annalen, Bd. XXVIII S. 380.

gegen die Undulationstheorie sind von den Absorptionserscheinungen entlehnt.

Airy [1]) hat in seinen Bemerkungen gegen Brewster's eben genannte Abhandlung gewiſs vollkommen anerkannt, daſs die Undulationstheorie bisher noch eine Erklärung der Absorptionserscheinungen schuldig blieb; aber er hat dafür die beiden rivalisirenden Theorien in übriger Hinsicht mit so vieler Sachkenntniſs und Klarheit verglichen, daſs ich es für unmöglich halte, nach Durchlesung dieser Zusammenstellung, nur einen Augenblick in der Wahl zwischen ihnen zweifelhaft seyn zu können.

Dem, was Airy in Betreff der Lichtabsorption äuſsert, bin ich jedoch genöthigt zu widersprechen, wenn anders ich dasselbe richtig aufgefaſst habe. Er sagt nämlich, er glaube nicht, daſs die Absorption als ein wesentlicher Theil der Lichttheorie betrachtet werden müsse. »Sie ist,« sagt er, »eine Art äuſserer Störung, welche entweder die gewöhnlichen Gesetze in voller Kraft läſst, oder nicht diese Gesetze, sondern das ihnen Unterworfene vollständig zerstört.« — Dieſs auch völlig zugebend, sehe ich doch nicht ein, wie sich daraus der Schluſs ableiten läſst, daſs die Lichttheorie die Absorption nicht zu umfassen brauche. Wenn man bei den Körpern eine gewisse Eigenschaft voraussetzte, vermöge welcher sie störend auf die Lichterscheinungen einwirken, so müſste man auch andererseits bei dem Lichte eine Eigenschaft voraussetzen, vermöge welcher die Erscheinungen desselben sich von den Körpern *würden stören lassen*, und diese letztere Eigenschaft müſste dann doch nothwendigerweise von der Lichttheorie erklärt werden.

Ich habe das von Brewster dargestellte interessante Phänomen mit Aufmerksamkeit verfolgt; aber weit entfernt, daraus denselben Schluſs wie er zu ziehen, glaube ich darin nur eine vollständige Bestätigung der Undulationstheorie zu finden.

1) Diese Annalen, Bd. XXIX S. 331. P.

Schon als ich zum ersten Mal das Spectrum von einem durch Jod- oder Bromgas gegangenen Lichte sah, dessen Regelmäfsigkeit keinen Zweifel übrig läfst, dafs nicht alle die etwa hundert Absorptionen aus einer und derselben Ursache herrühren, fafste ich die Ueberzeugung, dafs das Ganze ein Interferenzphänomen sey, wiewohl ich mir damals die Entstehungsweise desselben nicht ganz klar machen konnte.

Ich werde nun zu zeigen suchen, dafs alle Erscheinungen, welche wir der Klasse der *Absorptionserscheinungen* beizählen, blofs Corollare des allgemeinen Interferenzprincips werden, sobald wir der Materie eine höchst einfache Eigenschaft beilegen, welche dem Begriff, welchen wir uns im Uebrigen von der Materie machen, in keiner Weise widerstreitet.

John Herschel hat neuerdings in einer in mancher Hinsicht interessanten und lehrreichen Abhandlung: *Ueber die Absorption des Lichts durch farbige Mittel, in Bezug auf die Undulationstheorie* [1]), die Möglichkeit gezeigt, die Absorptionserscheinungen als entsprungen aus Interferenzen anzusehen. Allein er hat dabei jede einzelne Absorption auf eine besondere Ursache zurückgeführt, wodurch er dann genöthigt wird, bei dem absorbirenden Körper eben so viel besondere Ursachen als es Absorptionen im Spectrum giebt vorauszusetzen. Wenn man sich auch bei einem und demselben Körper etwa 2000 besonders wirkende Ursachen denken könnte, wie es z. B. beim salpetrigsauren Gase der Fall seyn würde, so wird es doch schwer, sich einen richtigen Begriff zu machen von dem Grunde der grofsen Regelmäfsigkeit, welchen man für die hundert Ursachen beim Jod- oder Bromgase voraussetzen müfste. Ueberdiefs meint er, müsse man bei Beobachtung der Menge und scheinbaren Unregelmäfsigkeit dieser Phänomene jede Idee von einer regelmäfsigen Functionalgradation derselben aufgeben. Er äu-

1) Diese Annalen, Bd. XXXI S. 245. P.

ſsert weiter, daſs, »wenn sich die Erscheinungen auf einen analytischen Ausdruck zurückführen lieſsen, dieser offenbar von sonderbarer und höchst verwickelter Natur seyn würde, und nothwendigerweise eine groſse Anzahl willkührlicher, von der Beziehung des Mediums zum Lichte abhängiger Constanten, so wie transcendente Gröſsen von hoher und sehr verwickelter Ordnung einschlieſsen müsse.« — Ich werde dagegen zu beweisen suchen, daſs sie alle auf eine einzige oder wenigstens eine ganz eingeschränkte Anzahl von Ursachen zurückgeführt werden können, und daſs sie sich auch sämmtlich mit einem ganz einfachen analytischen Ausdruck, der höchst wenige und von der Natur des absorbirenden Mittels abhängige Constanten enthält, umfassen lassen.

Die geringe Kenntniſs, welche wir von der innern Constitution der Materie besitzen, gestattet uns nicht, vorauszusagen, welchen Einfluſs sie auf eine durchgehende Lichtwelle ausübt. Können wir sie uns aber denken als zusammengesetzt aus Theilchen, die durch gewisse Kräfte in einem bestimmten Abstand von einander gehalten werden, so dürfen wir uns auch vorstellen, daſs diese Theilchen im Stande sind, der durchgehenden Lichtwelle einen Widerstand zu leisten, was dann eine partielle Reflexion derselben zur Folge haben muſs.

Das so reflectirte Licht, welches nun in Bezug auf die ursprüngliche Richtung entgegengesetzt fortgeht, muſs nun auf gleiche Weise in die ursprüngliche Richtung reflectirt werden, um wieder eine theilweise Reflexion in die entgegengesetzte zu erfahren, und so fort bis in's Unendliche. Hiedurch entsteht eine unendliche Reihe von Lichtwellen-Systemen, von denen ein jedes eine schwächere Intensität hat als das nächst vorhergehende, und gegen dieses um ein, dem doppelten Abstand zwischen den reflectirenden Flächen gleiches Stück verzögert worden ist.

Wenn wir uns nun anfangs auf die Betrachtung der

beiden ersten Systeme einschränken, so ist klar, dafs deren Resultante abhängen mufs von dem Verhältnifs zwischen der Länge der Lichtwelle und der Gröfse, um welche das eine System in Bezug auf das andere verzögert worden ist, so dafs wenn diese Gröfse gleich ist $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$ . . . der Lichtwellenlänge, die Intensität der Resultante gleich seyn mufs dem *Unterschiede* zwischen den Intensitäten der beiden Systeme, und wenn sie gleich ist einem ganzen Multiplum der Lichtwellenlänge, die Intensität der Resultante gleich seyn mufs der *Summe* der Intensitäten der Systeme. Wenn wir nun annehmen, dafs Licht von allen Wellenlängen, von der Gränze α (der längsten) bis zu der β (der kürzesten) durch ein Mittel geht, welches bei einem Theil dieses Lichtes die Verzögerung φ hervorbringt, so ist einleuchtend, dafs die Intensität aller Lichtarten, deren halbe Wellenlänge φ, $\frac{\varphi}{3}$, $\frac{\varphi}{5}$, $\frac{\varphi}{7}$, $\frac{\varphi}{9}$, $\frac{\varphi}{11}$ . . . $\frac{\varphi}{2m-1}$, $\frac{\varphi}{2m+1}$ u. s. w. beträgt, ein Minimum seyn mufs; dafs dagegen die Lichtarten, deren halbe Wellenlänge $\frac{\varphi}{2}$, $\frac{\varphi}{4}$, $\frac{\varphi}{6}$, $\frac{\varphi}{8}$, . . . $\frac{\varphi}{2m}$, $\frac{\varphi}{2m+2}$ u. s. w. ist, das Maximum ihrer Intensität erreichen müssen. Wenn diese Lichtsorten durch ein Prisma von einander getrennt werden, so mufs jede derselben, deren Intensität ein Minimum ist, sich in Bezug auf die dazwischen liegenden als absorbirt erweisen, und das ganze Spectrum mufs dem analog werden, welches ein durch Jod- oder Bromgas gegangenes Licht darbietet.

Ehe ich weiter gehe in dem Vergleich zwischen den Spectris, welche, nach der Theorie, in Folge einer solchen einfachen Retardation entstehen müssen, und denen, welche, wie die Erfahrung zeigt, durch absorbirende Media hervorgebracht werden, will ich zu bestimmen suchen,

was die Folgen der oben aufgestellten Hypothese, nämlich einer unendlich fortgesetzten Reflexion, seyn müssen.

Nennt man a die ursprüngliche Intensität des Lichts, und r den Theil, welcher bei jeder Reflexion verloren geht, so erhalten die Intensitäten der einzeln entstehenden Lichtwellensysteme die in der Tabelle, Taf. II Fig. 9, angeführten Werthe. Die Tabelle bedarf übrigens keiner andern Erklärung, als daſs ich mit den Linien AB und CD die reflectirenden Flächen bezeichnen will, und daſs ich b den Abstand zwischen diesen Flächen nenne.

Fresnel hat in seiner meisterhaften Abhandlung über die Diffraction des Lichts gezeigt[1]), daſs die Undulationsgeschwindigkeit u, welche ein Aethertheilchen nach Ablauf der Zeit t erhält durch ein Lichtwellensystem, dessen Intensität α und dessen Undulationslänge λ ist, ausgedrückt wird durch die Gleichung:

$$u = \alpha \sin 2\pi\left(t - \frac{x}{\lambda}\right),$$

worin x den Abstand des Theilchens vom Vibrationscentrum bedeutet.

Bedienen wir uns dieser Formel zur Bestimmung der Undulationsgeschwindigkeiten u, u_1, u_2, u_3, ..., welche das Aethertheilchen erhält durch die Lichtwellensysteme, deren Intensitäten sind: $(1-r)^2 a$, $r^2(1-r)^2 a$, $r^4(1-r)^2 a$, $r^6(1-r)^2 a$ ..., so wird:

$$u = (1-r)^2 a \,.\, \sin 2\pi\left(t - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$= (1-r)^2 a \,.\, \sin 2\pi\left(t - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$u_1 = r^2(1-r)^2 a \,.\, \sin 2\pi\left(t - \frac{x+2b}{\lambda}\right)$$

$$= r^2(1-r)^2 a\left[\sin 2x\left(t - \frac{x}{\lambda}\right)\cos\frac{2\pi 2b}{\lambda} - \cos 2\pi\left(t - \frac{x}{\lambda}\right)\sin\frac{2\pi 2b}{\lambda}\right]$$

1) Annalen, Bd. XXX S. 100.

$$u_2 = r^4(1-r)^2 a \cdot \sin 2\pi\left(t - \frac{x+4b}{\lambda}\right)$$

$$= r^4(1-r)^2 a\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\cos 2 \cdot \frac{2\pi 2b}{\lambda}\right.$$

$$\left. - \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\sin 2 \cdot \frac{2\pi 2b}{\lambda}\right]$$

$$u_3 = r^6(1-r)^2 a \cdot \sin 2\pi\left(t - \frac{x+6b}{\lambda}\right)$$

$$= r^6(1-r)^2 a\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\cos 3 \cdot \frac{2\pi 2b}{\lambda}\right.$$

$$\left. - \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\sin 3 \cdot \frac{2\pi 2b}{\lambda}\right],$$

. . . .

$$u_n = r^{2n}(1-r)^2 a \cdot \sin 2\pi\left(t - \frac{x+2nb}{\lambda}\right)$$

$$= r^{2n}(1-r)^2 a\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\cos n \cdot \frac{2\pi 2b}{\lambda}\right.$$

$$\left. - \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\sin n \cdot \frac{2\pi 2b}{\lambda}\right].$$

Die Undulationsgeschwindigkeit U, welche das Aethertheilchen durch die Einwirkung sämmtlicher Lichtwellensysteme erhält, mufs nun seyn:

$$= u + u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + \ldots u_n$$

und folglich:

$$U = a(1-r)^2 \left\{\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\left[1 + r^2 \cos 2\pi \frac{2b}{\lambda}\right.\right.$$

$$\left. + r^4 \cos 2 \cdot 2\pi \frac{2b}{\lambda} + \ldots r^{2n} \cos n \cdot 2\pi \frac{2b}{\lambda}\right]$$

$$- \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\left[r^2 \sin 2\pi \frac{2b}{\lambda}\right.$$

$$\left.\left. + r^4 \sin 2 \cdot 2\pi \frac{2b}{\lambda} + \ldots r^{2n} \sin n \cdot 2\pi \frac{2b}{\lambda}\right]\right\}.$$

Setzen wir nun:

$$a(1-r)^2\left[1 + r^2 \cos 2\pi \frac{2b}{\lambda} + r^4 \cos 2 \cdot 2\pi \frac{2b}{\lambda}\right.$$

$$\left. + \ldots r^{2n} \cos n \cdot 2\pi \frac{2b}{\lambda}\right] = A \cdot \cos i \quad \ldots \quad (1)$$

$$a(1-r)^2\left[r^2 \sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}+r^4 \sin 2.2\pi\frac{2b}{\lambda}\right.$$
$$\left.+\ldots r^{2n} \sin n.2\pi\frac{2b}{\lambda}\right]=A.\sin i \quad \ldots\ldots (2)$$

so wird:

$$U=A.\sin\left[2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)-i\right]\ldots\ldots\ldots (3)$$

Das resultirende Lichtwellensystem wird folglich von ganz gleicher Natur mit dem ursprünglichen, nur hat es eine andere Intensität und eine andere Lage.

Um seine Intensität A zu finden, multiplicire ich die Gleichung (2) mit $\sqrt{-1}$ und addire sie zur Gleichung (1); dann erhalte ich:

$$A(\cos i+\sqrt{-1}.\sin i)$$
$$=(1-r)^2 a\left\{1+r^2\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)\right.$$
$$+r^4\left(\cos 2.2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin 2.2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)$$
$$\left.\ldots\ldots+r^{2n}\left(\cos n.2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin n.2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)\right\}$$

oder weil:

$$\cos mz+\sqrt{-1}.\sin mz=(\cos z+\sqrt{-1}.\sin z)^m$$

$$A(\cos i+\sqrt{-1}.\sin i)$$
$$=(1-r)^2 a\left\{1+r^2\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)\right.$$
$$+r^4\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)^2+$$
$$\ldots\ldots+r^{2n}\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)^n.$$

Dieſs ist eine geometrische Reihe, durch deren Summation man erhält:

$$A(\cos i+\sqrt{-1}.\sin i)$$
$$=(1-r)^2 a\left\{\frac{1-r^{2(n+1)}\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)}{1-r^2\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)}\right\} \quad (4)$$

Wenn man in diesem Ausdruck, in welchem r natürlicherweise kleiner als 1 ist, n unendlich grofs annimmt, so wird:

$$A(\cos i+\sqrt{-1}\,.\sin i)$$
$$=(1-r)^2 a\left\{\frac{1}{1-r^2\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}\,.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)}\right\}$$

Durch Sonderung der reellen Gröfsen von den imaginären in diesem Ausdrucke bekommt man:

$$A=\frac{(1-r)^2 a}{\cos i\left(1-r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)+r^2\sin i\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}}\quad\ldots(5)$$

und:

$$\sin i\left(1-r^2\,.\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)+r^2\cos i\,.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}=0.$$

Aus letzterem Ausdruck bekommt man:

$$\sin i=\frac{r^2\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}}{\sqrt{1-2r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+r^4}}$$

und:

$$\cos i=\frac{1-r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}}{\sqrt{1-2r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+r^4}}$$

Substituirt man diese Werthe von $\sin i$ und $\cos i$ in der Formel (5), so wird nach Reduction:

$$A=\frac{(1-r)^2 a}{\sqrt{1-2r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+r^4}}\quad\ldots(6)\ldots(^1)$$

---

1) Denkt man sich die *partielle* Reflexion von einer Oberfläche als eine *totale* Reflexion von all dem Licht, welches die Theilchen des Körpers trifft, so ist deutlich, dafs, wenn man von der Gestalt der Theilchen absieht, und wie zuvör *ra* den re-

Wenn dieser Ausdruck, welcher die Intensität der resultirenden Lichtwelle vorstellt, in Bezug auf $\frac{2d}{\lambda}$ differenziirt wird, so erhellt, dafs A ein Maximum oder Minimum wird, wenn $\sin 2\pi \frac{2b}{\lambda} = 0$, das heifst A wird ein *Maximum*, wenn $\frac{2b}{\lambda}$ ist $= 0, 1, 2, 3, 4$ u. s. w., und es wird ein *Minimum*, wenn $\frac{2b}{\lambda}$ ist $= \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \frac{7}{2}, \frac{9}{2}$ u. s. w.

Die Resultante der unendlichen Menge von Lichtwellensystemen wird also ein Maximum oder Minimum ganz unter denselben Umständen wie die Resultante von nur zwei solchen Systemen.

Um die Folgen der von mir aufgestellten Hypothese anschaulich zu machen, habe ich in Fig. 1 Taf. II die

---

flectirten Theil, d. h. $(1-r)a$ den in der ursprünglichen Richtung fortgehenden Theil nennt, nicht die ganze Quantität ra in der entgegengesetzten Richtung zurückgehen kann, sondern dafs ein Theil desselben in verschiedenen Richtungen reflectirt werden mufs. Um sich aber zu überzeugen, dafs eine solche Aenderung in der angenommenen Hypothese, die aus dieser abzuleitenden Resultante im Wesentlichen nicht ändere, braucht man blofs anzunehmen, dafs der Theil von ra, welcher in der entgegengesetzten Richtung reflectirt wird, $r'a$ genannt werde, da es dann klar ist, dafs die Intensitäten der in diesem Falle entstehenden Lichtwellensysteme werden: $a(1-r)^2$, $a(1-r)^2 r'^2$, $a(1-r)^2 r'^4$, $a(1-r)^2 r'^6$ u. s. w., und dafs die endliche Resultante wird:

$$A = \frac{a(1-r)^2}{\sqrt{\left(1 - 2r'^2 \cos 2\pi \frac{2b}{\lambda} + r'^4\right)}}$$

welche sich demnach von der zuvor gefundenen nur dadurch unterscheidet, dafs die Gröfse r im Nenner gegen die r' vertauscht ist. Es folgt daraus, dafs alle die Schlüsse, welche aus der einen dieser Formeln gezogen werden können, sich auch aus der andern ziehen lassen müssen.

Gleichung (6) construirt, auf die Weise, dafs die Werthe der Intensität A, welche den verschiedenen Werthen von $\frac{\lambda}{2b}$ entsprechen, zu Ordinaten, und die Logarithmen von $\frac{\lambda}{2b}$ zu Abscissen genommen sind. Da die Unterschiede der Logarithmen zweier Zahlen von dem Verhältnifs dieser Zahlen abhängt, nicht aber von deren absoluten Gröfse, so mufste der Abstand zwischen zwei Punkten auf der Abscissenaxe, welche zweien Undulationslängen entsprechen, die zu einander in einem gegebenen Verhältnisse stehen, unabhängig seyn von dem entsprechenden supponirten Werthe von $\frac{\lambda}{2b}$, und folglich gleich grofs seyn längs der ganzen Curve.

Um zu untersuchen, welche Absorptionserscheinungen sich in einem Spectrum einstellen müssen, dessen äufserste Undulationslängen (roth und violett) sich zu einander wie 1,58 : 1 verhalten, zeichnete ich ein Spectrum (Fig. 2 Taf. II), dessen Länge Log. 1,58 ist, und dessen Abtheilungen roth, gelb, grün u. s. w. die Längen einnehmen:

$$\text{Log.}\frac{\text{Aeufserstes Roth}}{\text{Gränze zw. Roth u. Gelb}},\ \text{Log.}\frac{\text{Gränze zw. Roth u. Gelb}}{\text{Gränze zw. Gelb u. Grün}}$$

u. s. w.

Wenn ich nun anfangs den Abstand b zwischen den reflectirenden Flächen sehr klein annehme, z. B. gleich $\frac{1}{40}$ der Wellenlänge des rothen Lichts, so wird der dem rothen Lichte entsprechende Werth von $\frac{\lambda}{2b}=20$. Ich lege nun Fig. 2 auf Fig. 1, in solcher Weise, dafs das rothe Ende auf 20 zu liegen kommt, und sehe, dafs der ganze Theil der Curve, welcher dem Spectrum entspricht, nahe beim Maximum liegt, und daraus schliefse ich, dafs der Körper, welcher $2b=\frac{1}{20}$ der Wellenlänge des rothen Lichtes macht, wenig Licht absorbirt oder *durch-*

sichtig ist, und alle Farben sehr nahe gleich stark absorbirt, d. h. *farblos* erscheint.

Nehmen wir nun $2b$ etwas gröſser an, z. B. $=\frac{1}{4}$ der Wellenlänge des rothen Lichts, so muſs Fig. 2 so gelegt werden, daſs das rothe Ende auf 4 zu liegen kommt; wir sehen dann, daſs das ganze Spectrum dem Minimo der Intensität näher liegt, daſs aber das violette Ende diesem Minimo am nächsten liegt, daraus schlieſsen wir, daſs der Körper *wenig durchsichtig* ist, und daſs sich seine Farbe in's Rothe ziehen müsse.

Rücken wir Fig. 2 noch etwas weiter; nehmen wir z. B. an, $2b$ sey gleich der halben Wellenlänge des grünen Lichts, so finden wir, daſs das ganze Spectrum im Minimo der Intensität liegt; der Körper muſs demnach, wenn r so groſs ist, daſs das Intensitätsminimum unter der Gränze der Empfindlichkeit unseres Auges liegt, *undurchsichtig* seyn; im andern Fall wird er schwarz erscheinen müssen.

Fahren wir nun fort Figur 2 immer weiter wegzurücken, das heiſst immer gröſsere Verzögerungen anzunehmen, so erhalten wir Spectra, in denen das Intensitätsmaximum successiv auf das Violette, Blaue, Grüne, Gelbe und Rothe fällt, und in denen die Complementarfarben mehr oder weniger absorbirt sind. Denken wir uns nun auch die Gröſse r, von welcher die wirkliche Gröſse der Intensität, nicht aber die Lage der Maxima und Minima derselben beruht, als ungleich bei den verschiedenen Körpern, so sieht man leicht, daſs man sich *alle Abstufungen der natürlichen Farben der Körper, so wie die gröſsere oder geringere Durchsichtigkeit derselben als auf diese Weise entstanden vorstellen kann* [1]).

1) Berechnet man die Resultante der reflectirten Strahlen, deren Intensitäten (Tabelle Taf. II Fig. 9) ra, $ra.(1-r)^2$, $ra(1-r)^2.r^2$... u. s. w. sind, auf dieselbe Weise wie wir zuvor die Resultante der durchgegangenen Strahlen berechnet haben, so erhält man für deren Intensität:

So lange wir $2b$ kleiner als das 3- bis 4fache der Wellenlänge des rothen Lichtes nehmen, erhalten wir nur eine Stelle des Spectrums oder beide Enden desselben absorbirt. Vergröfsern wir aber b noch mehr, d. h. schieben wir Fig. 2 noch weiter fort, so sehen wir, dafs mehre Maxima und Minima im Spectrum auftreten, und zwar desto mehre, je gröfser $2b$ angenommen wird. Setzen wir $2b = 0{,}004$ engl. Zoll, so erhalten wir ungefähr eben so viel Absorptionen als beim Jodgase.

Ich habe versucht, die Art von Verzögerungen, welche die Absorptionserscheinungen voraussetzen, künstlich hervorzubringen; und es ist mir dadurch geglückt, auf eine höchst einfache Weise jedes beliebige Absorptionsphänomen hervorzubringen.

Die einfachste und, wie ich gefunden, zugleich die am leichtesten gelingende Weise zur Anstellung dieses Versuchs ist folgende. Ein Stück eines dünnen Glimmerblatts wird so gebogen, dafs es die Oberfläche eines aufrechten Cylinders bildet, und in gleicher Höhe mit demselben eine brennende Kerze in einiger Entfernung

---

$$A = ra \cdot \frac{\sqrt{1 + 2(1-2r)\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda} + (1-2r)^2}}{\sqrt{1 - 2r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda} + r^4}} \quad \ldots\ldots (7)$$

Wird dieser Ausdruck in Bezug auf $\frac{2b}{\lambda}$ differenziirt, so erhellt, dafs A ein Maximum wird, wenn $\frac{2b}{\lambda}$ ist: 0, 1, 2, 3, 4..., und ein Minimum, wenn $\frac{2b}{\lambda}$ ist: $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$..., d. h. unter denselben Umständen als A.

Hieraus folgt, dafs das, was bisher in Betreff des durchgegangenen Lichts gesagt worden ist, auch eben so gut für das reflectirte Licht gilt, so dafs die natürliche Farbe der Körper für das reflectirte Licht auf gleiche Weise wie für das durchgegangene erklärt wird.

aufgestellt. Die Flamme, welche von der cylindrischen Fläche nach dem Auge reflectirt wird, mufs nun als eine zarte verticale leuchtende Linie erscheinen. Diefs Licht ist theils von der Vorderfläche des Glimmers reflectirt und theils ein oder mehre Male von dessen Hinterfläche; der letztere Theil ist gegen den ersten verzögert um eine Strecke, deren Gröfse von der Dicke des Glimmers abhängt. Ist die Dicke des Glimmers einigermafsen bedeutend im Verhältnifs zur Lichtwellenlänge, d. h. ungefähr 0,001 Zoll und darüber, so erscheint das reflectirte Licht ganz ungefärbt. Wenn man aber dieses Licht durch ein Prisma in Farben zerfällt, und das Spectrum mittelst eines Fernrohrs betrachtet, so scheint dieses, von dem äufsersten Roth bis zum äufsersten Violett, erfüllt mit ganz schwarzen Strichen, deren Anzahl desto gröfser ist, je dicker das Glimmerblättchen ist.

Nachdem ich nun dargethan, wie man durch Annahme einer einzigen verzögernden Ursache eine grofse Menge Absorptionserscheinungen erklären kann, will ich zu zeigen suchen, dafs sich durch fernere Annahme von mehren andern ähnlichen retardirenden Ursachen auch alle übrigen erklären lassen.

Nehmen wir an, dafs Licht von der Intensität a, welches der Einwirkung eines verzögernden Mediums unterworfen, und dadurch auf die Intensität

$$\frac{a.(1-r)^2}{\sqrt{1-2r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+r^4}}$$

herabgebracht worden ist, einer abermaligen Verzögerung ausgesetzt werde, welche für sich allein die Intensität

$$\frac{a(1-r')^2}{\sqrt{1-2r^2\cos 2\pi\frac{2b'}{\lambda}+r'^4}}$$

bewirkt haben würde, so ist klar, dafs die Resultante A' von beiden Verzögerungen werden mufs:

$$\frac{A(1-r')^2}{\sqrt{1-2r'^2\cos 2\pi\frac{2b'}{\lambda}+r'^4}}$$

oder:

$$A=\frac{a(1-r)^2(1-r')^2}{L.\ M.}$$

wo:

$$L=\sqrt{1-2r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+r^4}$$

und:

$$M=\sqrt{1-2r'^2\cos 2\pi\frac{2b'}{\lambda}+r'^4}$$

Auf gleiche Weise wird die Resultante von drei Verzögerungsursachen:

$$A'=\frac{a.(1-r)^2(1-r')^2(1-r'')^2}{L.\ M.\ N.}$$

wo:

$$L=\sqrt{\left(1-2r^2\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+r^4\right)}$$

$$M=\sqrt{\left(1-2r'^2\cos 2\pi\frac{2b'}{\lambda}+r'^4\right)}$$

$$N=\sqrt{\left(1-2r''^2\cos 2\pi\frac{2b''}{\lambda}+r''^4\right)}$$

Aus diesen Gleichungen erhellt, dafs im Allgemeinen A oder A' auf ein partielles Maximum und ein partielles Minimum gelangen mufs jedesmal wenn einer der Winkel $2\pi\frac{2b}{\lambda}$, $2\pi\frac{b'}{\lambda}$ u. s. w. eine ganze Peripherie vollbracht hat. Diefs will sagen: Es müssen in dem resultirenden Spectrum so viele Absorptionen entstehen als in Summa in den einzelnen Spectris entstanden seyn würden. Es wird also leicht, sich Rechenschaft darüber zu geben, was durch zwei oder mehre Verzögerungen entstehen mufs, auf die Weise, wie ich es jetzt durch ein Beispiel verdeutlichen will.

Leitet man Licht durch ein Gefäfs, in welches man

Jod gebracht hat, und welches man allmälig erwärmt, so dafs das Jodgas langsam an Intensität zunimmt, so gehen die Absorptionserscheinungen auf folgende Weise und in folgender Ordnung von Statten. Sobald sich so viel Jodgas entwickelt hat, dafs das Gefäfs einen leichten Stich in's Rothe besitzt, so bemerkt man in dem blauen Licht, oder eher an der Gränze zwischen dem Blau und dem Violett, einige feine, blafs schwarze Striche. In dem Maafse, als die Intensität der Farbe zunimmt, werden die dunkeln Striche schwärzer, und zugleich werden mehre dunkle Striche sichtbar. Mit steigender Intensität der Farbe des Jodgases beginnen die hellen Striche in dem Blau allmälig an Stärke abzunehmen, bis endlich eine vollständige Absorption des blauen Endes des Spectrums eintritt. In dem Maafse, als die gänzliche Absorption gegen das rothe Ende des Spectrums vorschreitet, entstehen vor derselben neue schwarze Striche, bis endlich, bei einer gewissen Intensität der Farbe des Jodgases, das ganze Spectrum absorbirt ist, mit Ausnahme eines kleinen Stücks von dem Roth, welches nun mit ganz schwarzen Strichen erfüllt ist. — Diese schöne Absorptionserscheinung erklärt sich mit äufserster Leichtigkeit und Genauigkeit durch Annahme von zwei besonderen Verzögerungsursachen.

Man braucht nämlich nur vorauszusetzen, dafs die eine Verzögerung ungefähr gleich ist mit der Wellenlänge des rothen Lichts, und die andere etwa 150 Mal gröfser. Der Theil der Intensitätscurve, welche der ersten Verzögerung entspricht, hat die Gestalt AB (Fig. 3 Taf. II), der Theil von ihr aber, welcher der zweiten entspricht, die Gestalt CD (in derselben Figur). Die Resultante von beiden mufs also durch eine Curve von der Beschaffenheit der EF ausgedrückt werden können.

Mit steigender Intensität der Farbe des Jodgases,

müssen wir uns vorstellen, werden r und r' vergröſsert, und diese Steigerung kann folglich keinen Einfluſs haben auf die Lage der Minima oder Maxima, sondern bloſs auf die absolute Gröſse der Intensität. Je gröſser r und r' werden, desto kleiner muſs auch diese Intensität werden. Und da man sich vorstellen muſs, daſs das Licht, um für unser Auge sichtbar zu seyn, eine gewisse Intensität haben muſs, und da man also diese Gränze der Wahrnehmbarkeit für unser Auge durch eine Linie ausdrücken kann, so erhellt, daſs die Vergröſserung von r und r' die Intensitätscurven gegen diese Linie herabdrükken muſs.

Legen wir nun Fig. 2 auf Fig. 3 (Taf. II), und nehmen an, die Linie AB in Fig. 2 stelle die Gränze der Wahrnehmbarkeit für das Auge dar, so können wir die Wirkung der Vergröſserung der Werthe von r und r' dadurch anschaulich machen, daſs wir Fig. 2 allmälig auf Fig. 3 höher hinauf schieben. Liegt Fig. 2 an der Linie ab, so sehen wir, daſs in dem Blau einige Striche entstehen. Schieben wir sie höher hinauf nach $a'b'$, so sehen wir, daſs das blaue Ende absorbirt ist, und die Striche nunmehr sich in dem Grün befinden; schieben wir sie noch höher, bis $a''b''$, so finden wir das ganze Spectrum absorbirt, mit Ausnahme eines Stücks vom Roth, welches nun mit schwarzen Strichen erfüllt ist. Dieſs ist vollkommen der Vorgang beim Spectrum des Jodgases.

Die Absorptionserscheinungen im Bromgase erklären sich ganz auf dieselbe Weise. Zur Erklärung der Spectra, welche von dem Lichte entstehen, das durch salpetrigsaures Gas oder Euchlorgas gegangen ist, muſs man mehre Verzögerungsursachen annehmen. Diese Verschiedenheit darf uns nicht in Verwunderung setzen, da die beiden letzten Gase zu den zusammengesetzten gehören, während die beiden ersten unter die gehören, welche wir für einfach halten. Es scheint mir ganz natürlich, vorauszusetzen, daſs die elementaren Bestandtheile eines zusammengesetz-

ten Körpers einzeln für sich besondere Verzögerungen verursachen können; und wenn wir das salpetrigsaure Gas, statt es als eine binäre Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff anzusehen, als eine Verbindung von Salpetersäure und Stickstoff betrachten, so sehen wir leicht die Möglichkeit ein, daſs darin eine ganze Menge Verzögerungsursachen vorhanden seyn können, von denen jede auf dieselbe Weise wie in den einzelnen Gasen entsteht.

Ohne zu versuchen, die vorausgesetzten Verzögerungsursachen, oder richtiger die Form, welche man bei der Materie zur Construction der vorausgesetzten Verzögerungen annehmen muſs, erklären zu wollen, kann ich doch nicht umhin, beiläufig eines Umstandes zu erwähnen, welcher meine Aufmerksamkeit erregt hat, und vielleicht Berücksichtigung verdient.

Die meisten Gase behalten, wenn sie auf eine oder die andere Weise in einen anderen Aggregatzustand übergeführt werden, sehr nahe dieselbe Farbe.

Die Verzögerungsursache, welcher wir die Farbe des Körpers zuschreiben, muſs also vom Aggregatzustande fast unabhängig seyn. Die andere dagegen erleidet eine bestimmte Veränderung mit demselben, weil das Spectrum von dem Licht, welches durch einen festen oder flüssigen Körper gegangen ist, die schwarzen Striche nicht besitzt, welche es, wenn der Körper gasförmig gewesen wäre, besessen haben würde. Hiedurch haben wir eine bestimmte Andeutung, die erstere auf die Theilchen des Körpers, und die letztere auf deren Abstand von einander zurückzuführen, weil wir eigentlich diesen für veränderlich halten. Eine Reflexion *innerhalb* eines *Theilchens* oder eine Art von Fortpflanzung des Lichtes durch dasselbe können wir uns nicht denken, in so weit wir dasselbe als ein elementares Theilchen betrachten. Hier ist folglich eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für die Vermuthung, daſs die Körper aus solchen Gruppen von Ele-

mentar-Theilchen bestehen, wie sie Ampère [1]) angenommen hat, um die Fortpflanzung der Wärme zu erklären, eine Hypothese, welche auch Herschel [2]) in anderer Hinsicht für wahrscheinlich hält. Es mag sich indefs hiemit verhalten, wie es will, so darf man doch die Aeufserung für nicht zu gewagt ansehen, dafs man durch Beobachtungen über die Absorption des Lichtes einen andern Weg, in die Beschaffenheit der Materie zu schauen, geöffnet finden werde, und dafs dieser Weg möglicherweise zu Resultaten führen könne, die man auf andere Weise schwer, vielleicht gar nicht auffinden würde.

Die übrigen von Brewster angeführten Thatsachen, welche, wie er meint, nach der Undulationstheorie unerklärlich bleiben, werden alle durch die zuvor gemachte Annahme ungemein leicht erklärt.

Im Spectrum des Lichtes, welches durch oxalsaures Chromoxyd-Kali gegangen ist, sind alle Farben absorbirt, mit Ausnahme der rothen, welche einen schwarzen Strich enthält. Brewster führt als eine Folge hievon an, *dafs dieser Körper den Aether frei unduliren lasse für einen rothen Strahl, dessen Brechungsverhältnifs im Flintglase* 1,6272 *ist, auch für einen andern rothen Strahl, dessen Brechungsverhältnifs* 1,6274 *ist, während er ihn durchaus nicht unduliren lasse für einen dazwischen liegenden rothen Strahl, dessen Brechungsverhältnifs* 1,6273 *ist.*

Unter dieser Form dargestellt, mufs die Thatsache sicherlich als ein Paradoxon erscheinen. Sie erklärt sich aber sehr leicht, wenn wir zwei Verzögerungen annehmen, eine ungefähr von gleicher Gröfse mit der Wellenlänge des rothen Lichtes, und die andere gröfser, z. B.

1) Siehe diese Annalen, Bd. XXVI S. 161.

2) Ebendaselbst, Bd. XXXI S. 255.

10 Mal so grofs. In Folge der ersten Verzögerung erhält die Intensitätscurve die Gestalt *AB* (Fig. 4 Taf. II), und durch die zweite die Gestalt *CD* (in derselben Figur); die Resultante von beiden mufs also die Gestalt von *EF* besitzen. Denken wir uns nun *GH* als Gränze der Wahrnehmbarkeit für's Auge, so erhalten wir ein Spectrum vollkommen dem beschriebenen gleich.

Die Erscheinungen, welche in den Spectris farbiger Flammen auftreten, stehen zuverlässig im Zusammenhang mit dem vorliegenden Gegenstande, und lassen sich auf dieselbe Weise wie die Absorptionserscheinungen erklären. Aber aufser der Voraussetzung von Verzögerungen müssen wir hier noch eine andere machen, die nämlich, dafs gewisse Flammen nur Licht von gewissen Wellenlängen erzeugen können, oder wenigstens, dafs das erzeugte Licht innerhalb gewisser Gränzen eingeschlossen ist, die dichter an einander liegen als das Roth und Violett. Verschiedene Erscheinungen in den Spectris farbiger Flammen entspringen nur aus dieser Ursache. Diefs ist z. B. der Fall mit dem hell orangefarbenen Strich, welcher sich im Spectrum einer gewöhnlichen Kerzenflamme bildet. Betrachten wir eine Kerzenflamme, so finden wir, dafs sie aus mehren von einander verschiedenen Abtheilungen besteht. Die innere eigentlich leuchtende Flamme enthält bekanntlich glühende Theilchen, welche erst am äufsersten Rande der Flamme, oder da, wo sie mit der Luft in Berührung kommen, eine wirkliche Verbrennung erleiden. Die äufsere Flamme ist daher von ganz anderer Beschaffenheit als die innere; sie hat auch ein ganz anderes Ansehen; sie leuchtet nämlich schwach und hat eine blasse Orangenfarbe. Der unterste Theil der Flamme dagegen hat eine blaue Farbe, und gleicht in jeder Hinsicht der, welche bei langsamer Verbrennung von Kohle entsteht. Da diese Flamme an dem Punkt entsteht, wo selbst der Docht mit der

Luft in Berührung kommt, so halte ich es für ganz wahrscheinlich, dafs sie aus einer langsamen Verbrennung desselben entspringe.

Wenn man zwischen der Flamme und der Oeffnung, durch welche man ihr Licht auf das Prisma fallen läfst, ein Brennglas so aufstellt, dafs man mit demselben ein vergröfsertes Bild der Flamme auf dem Prisma hervorbringt, so kann man durch Verschiebung des Brennglases jeden beliebigen Theil des Flammenbildes auf die Oeffnung legen und solchergestalt für sich untersuchen. Wenn man nun das Bild so verschiebt, dafs nur der äufserste Rand desselben auf der Oeffnung liegt, und folglich nur Licht von der äufsersten Flamme durch dieselbe gehen kann, so findet man, dafs das Spectrum durchaus nichts anderes enthält, als einen Theil des orangefarbenen Strichs. Verändern wir die Form oder Breite der Oeffnung, so finden wir, dafs der orangefarbene Strich ganz dieselbe Veränderung erleidet, so dafs derselbe immer ein vollkommenes Abbild von der Oeffnung bleibt. Verschiebt man das Bild der Flamme, so dafs der innere leuchtende Theil auf die Oeffnung kommt, so erhält man ein vollständiges Spectrum, und je näher der mittlere Theil der Flamme an die Oeffnung kommt, desto mehr gewinnt das Spectrum an Glanz, während der orangefarbene Strich immer mehr und mehr abnimmt. Ich schliefse hieraus, dafs die innere Flamme Licht von allen möglichen Wellenlängen giebt, die äufsere dagegen nur Licht von einer einzigen, d. h. vollkommen homogenes Licht. Wenn wir eine Lichtflamme durch ein Prisma betrachten, ohne das Licht durch eine feine Oeffnung gehen zu lassen, so erhalten wir natürlicherweise ein unregelmäfsiges Spectrum, welches alle Farben enthält. Aber in diesem Spectrum finden wir ein vollkommen deutliches orangefarbenes Bild von der ganzen Lichtflamme, entstanden aus dem homogenen Licht in der äufseren Flamme.

Verschiebt man das Bild der Flamme so, dafs nur der untere blaue Theil auf die Oeffnung fällt, so finden wir, dafs das Spectrum nur violettes, blaues und grünes Licht enthält. Aber daneben finden wir drei ganz deutliche und regelmäfsig liegende Maxima, zu deren Erklärung wir eine Verzögerung von etwa 10 bis 12 Lichtwellenlängen annehmen müssen.

Eins der eigenthümlichsten dieser Art von Spectris ist ohne Zweifel das aus dem Licht von brennendem Weingeist, in welchem man Kupferchlorid aufgelöst hat. Dieses Spectrum ist erfüllt von hellen Strichen, die so geordnet sind, dafs sie immer paarweise vorkommen, mit einem schwarzen Strich dazwischen, während die zu verschiedenen Paaren gehörigen durch einen breiteren Strich getrennt sind, wie es KL, Fig. 5 Taf. II, zeigt.

Um diese Erscheinung zu erklären, braucht man blofs zwei Verzögerungen anzunehmen, eine doppelt so grofs als die andere, und so liegend, dafs die Maxima der kleineren auf die Minima der gröfseren fallen. Durch die erstere erhält die Intensitätscurve die Form AB, durch die letztere die Form CD; die Resultante von beiden mufs folglich die Gestalt EF haben. Wenn GH die Gränze für das Wahrnehmungsvermögen des Auges ausdrückt, so ist klar, dafs das Spectrum das Ansehen von KL erhalten mufs. Stellen wir uns dagegen vor, dafs die Maxima beider Componenten zusammenfallen, so dafs die eine die Lage AB (Fig. 6 Taf. II), und die andere die Lage CD hat, so bekommt die Resultante die Gestalt EF. Wenn nun wieder GH die Gränze für das Wahrnehmungsvermögen des Auges darstellt, so erhellt, dafs das entstehende Spectrum paarweis vorkommende *schwarze* Striche, getrennt durch helle, enthalten, oder so aussehen mufs wie KL (Fig. 6) [1].

1) Setzt man in der Formel (8) $b' = \frac{1}{2}b$, so erhellt, dafs die b' entsprechenden Maxima oder Minima dort zu liegen kommen, wo sich die Maxima von b befinden. Der erst genannte Fall

So wie man mit *Einem* Stück Glimmer die aus Einer Verzögerung entspringenden Absorptions-Erscheinungen nachahmen kann, so lassen sich auch mit *zwei* Glimmerstücken diejenigen nachahmen, welche aus zwei Verzögerungen entstehen u. s. w. Hiezu ist nämlich nur erforderlich, daſs das Licht, welches von dem Einen Glimmerblatt auf das Prisma reflectirt wird, zuvor von einem andern Glimmerblatt auf das erstere reflectirt worden sey; gemäſs dem bereits Bewiesenen entsteht dann ein Spectrum, welches alle die Absorptionen enthält, welche von jeder einzelnen Verzögerung hervorgebracht worden sind.

Die bequemste Weise, wie ich gefunden, zur Anstellung dieses Versuchs, welcher zwar eigentlich nichts aufklärt, welcher aber doch als ein schöner Versuch erwähnt zu werden verdient, ist folgende. Ich nehme hiezu am liebsten ein solches Glimmerblättchen, dessen Flächen, auſser daſs sie eben und fehlerfrei sind, etwas gegen einander neigen, so daſs das Blättchen an einem Rande etwas dicker ist, als am andern. Unter den Glimmerblättchen, welche ich in dieser Hinsicht versucht, habe ich eins gefunden, welches diese Eigenschaften in einem hohen Grade

oder das paarweise Vorkommen *heller* Striche kann folglich nicht stattfinden, wenn die eine Verzögerung *genau* doppelt so groſs ist als die andere, vielmehr müssen in solchem Falle die paarweis vorkommenden Striche immer dunkel seyn. Klar ist aber, daſs man die gröſsere Verzögerung nur um eine einzige Wellenlänge zu vermehren braucht, um zu machen, daſs *Ein* derselben entsprechendes Maximum auf ein Minimum falle. Die übrigen Maxima und Minima werden zwar dann nicht zur vollständigen Coincidenz mit einander kommen; allein sie kommen offenbar einander desto näher, je gröſser die Verzögerungen sind, und wenn diese einigermaſsen bedeutend sind, so werden die entstehenden Unregelmäſsigkeiten so klein, daſs das Auge sie nicht mehr entdecken kann. In der Flamme von Kupferchlorid, muſs man annehmen, beträgt die kleinere Verzögerung ungefähr 40 Wellenlängen des rothen Lichts, d. h. ungefähr 60 des violetten; die gröſsere braucht also nur $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{120}$ über den doppelten Werth dieser Gröſse vermehrt zu werden.

besitzt. Als ich dieses Blättchen in die Form der Oberfläche eines verticalen Cylinders bog, und dasselbe so aufstellte, dafs das Licht von dessen dickerem Ende auf das Prisma reflectirt wurde, erhielt ich ein vollkommen regelmäfsiges Prisma mit ungefähr 120 schwarzen Strichen. Als aber die Cylinderfläche um ihre Axe gedreht wurde, so dafs das reflectirende Element allmälig gegen das andere Ende fortrückte, so vergröfserte sich allmälig der Abstand zwischen den Strichen, während die Anzahl dieser abnahm, bis ich zuletzt von dem dünnsten Ende nicht mehr als zwanzig und einige erhielt. Um die Cylinderfläche in jede beliebige Stellung zu bringen, befestigte ich sie auf einem kleinen cylindrischen Pfeiler *AB* (Fig. 7), der mit Wachs oder einem anderen klebenden Stoff auf einer ebenen Unterlage befestigt war.

Um Spectra hervorzubringen, welche zwei Reihen von Absorptionen enthalten, stellte ich zwei solche Cylinderflächen auf die in *A* und *B* (Fig. 8 Taf. II) angegebene Weise auf. Das Licht von der Lampe *C* wird, durch ein grofses Brennglas *D* concentrirt, auf die eine Cylinderfläche *A* geleitet, von dieser auf die zweite *B* geworfen, und von hier weiter auf das Prisma *E*. Durch einen verschiebbaren Schirm *F* wird das Licht der Flamme abgehalten auf die Fläche *B* zu fallen, und durch einen anderen ähnlichen Schirm *G* wird das Licht aufgefangen, welches sonst leicht von der Fläche *A* nach dem Prisma reflectirt werden könnte. Durch Drehung der beiden Cylinderflächen um ihre Axen kann ich nun den beiden Verzögerungen jedes beliebige Verhältnifs zu einander geben, und auf diese Weise, wie eben gesagt, die Absorptionserscheinungen unendlich abändern.

Sehr kleine Verzögerungen, z. B. solche, die kleiner sind als eine Wellenlänge, lassen sich auf diese Weise nicht zu Wege bringen, weil es nicht wohl möglich ist, dem Glimmer den dazu erforderlichen Grad von Dünnheit zu geben. Um aber auch solche Erschei-

nungen als vorausgesetzte kleine Verzögerungen darzustellen, bediene ich mich gefärbter Flüssigkeiten, welche in einer cylindrischen Röhre zwischen zwei Glasscheiben, deren gegenseitiger Abstand beliebig abgeändert werden kann, eingeschlossen sind. Mit einer rothen absorbirenden Flüssigkeit und einem Glimmerblättchen habe ich sowohl das Spectrum des Jodgases, als auch das, welches durch Absorption im oxalsauren Chromoxyd-Kali entsteht, vollkommen nachgeahmt. Bis zu einem gewissen Grad kann man auch bei diesen Versuchen die Gröfsen r und r' variiren, und folglich die Breite der schwarzen Striche im Verhältnifs zur Breite der hellen abändern. Dazu wird nur erfordert, dafs man das Licht unter verschiedenen Einfallswinkeln auf die Cylinderfläche fallen lasse. Es ist nämlich klar, dafs das Verhältnifs zwischen dem an der ersten und dem an der zweiten Fläche reflectirten Licht desto gröfser werden mufs, je kleiner der Einfallswinkel ist, und dafs folglich die schwarzen Striche bei kleinen Einfallswinkeln schmäler als bei grofsen seyn müssen. Will man Absorptionen mit einem kleinen Unterschiede zwischen den Intensitäten der Maxima und Minima darstellen, so braucht man blofs das Licht, statt es an einem Glimmerblättchen reflectiren, *durch* ein solches gehen zu lassen, und man kann auch hiebei das Verhältnifs durch Veränderung der Einfallswinkel bedeutend abändern.

Die complicirteste aller Absorptionserscheinungen ist unläugbar das Sonnenspectrum mit seinen zahlreichen unregelmäfsig liegenden, stärkeren und schwächeren schwarzen Strichen. Wenn wir, wie Herschel, annehmen, dafs diese Striche durch Absorption in der Atmosphäre der Sonne und Erde entstehen, so wird es sehr leicht, sie nach den bereits auseinandergesetzten Grundsätzen zu erklären. Wiewohl ich noch keine Untersuchung darüber angestellt habe, ob und in welchem Maafse der verschiedene Druck der Gase auf die Lage der entstehenden Ab-

sorptionen einwirke, so halte ich es doch für sehr wahrscheinlich, dafs derselbe einen ganz bedeutenden Einflufs darauf ausübe. In solchem Fall ist einleuchtend, dafs das Licht auf seinem Durchgange durch die beiden Atmosphären, deren Dichtigkeit mit dem Abstande von ihrem respectiven Weltkörper verschieden ist, eine, kurz gesagt, unendliche Menge ungleicher Verzögerungen erleiden mufs, von denen eine jede eine besondere Reihe von Maximis und Minimis erzeugen wird. Die Ursache der Menge und auch der unregelmäfsigen Lage der schwarzen Striche ist folglich leicht einzusehen. Aber der, wenigstens scheinbar, ungeheure Unterschied, welcher zwischen den Intensitäten der Maxima und Minima stattfindet, erfordert eine besondere Erklärung, welche ich nun aufzustellen versuchen will.

Bisher haben wir nur zwei reflectirende Flächen in Betracht gezogen. Es ist aber klar, dafs man nach der Hypothese, von welcher ich ausgegangen bin, eine Reihe solcher Flächen annehmen mufs, desto mehr, je dicker das absorbirende Medium ist. Nennen wir, wie zuvor, a die ursprüngliche Intensität des Lichts, r den Verlust bei jeder Reflexion, und m die Anzahl der reflectirenden Flächen, so sieht man leicht, dafs die Intensitäten der entstehenden Lichtwellensysteme so seyn müssen, wie man sie in folgender Tafel (Taf. II Fig. 10) angegeben findet, in welchen $A_1 B_1$, $A_2 B_2$, $A_3 B_3$ u. s. w. die reflectirenden Flächen bezeichnen.

Wenn die Dicke des absorbirenden Mittels etwas beträchtlich ist, so mufs m eine grofse Zahl, und folglich r sehr klein seyn, weil sonst kein merklicher Antheil Licht durch alle m Flächen gehen könnte. Alle Glieder, welche mit r^4 oder einer noch höheren Potenz von r multiplicirt sind, müssen also gegen die mit r^2 multiplicirten so klein werden, dafs man sie vernachlässigen kann. Dadurch werden die Intensitäten der durchgelassenen Strahlen:

$a(1-r)^m$	für d. Verzögerung	0
$a(1-r)^m . r^2(m-1)$	- - -	$2b$
$a(1-r)^m . r^2(m-2)(1-r)^2$	- - -	$4b$
$a(1-r)^m . r^2(m-3)(1-r)^4$	- - -	$6b$
$a(1-r)^m . r^2(m-4)(1-r)^6$	- - -	$8b$
. . . .		
$a(1-r)^m . r^2(m-n)(1-r)^{2(n-1)}$	- - -	$2nb$

folglich wird hier:

$$u = a(1-r)^m \sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)$$

$$u_1 = a(1-r)^m r^2(m-1)\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda} - \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right]$$

$$u_2 = a(1-r)^m r^2(m-2)\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\cos 2.2\pi\frac{2b}{\lambda} - \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\sin 2.2\pi\frac{2b}{\lambda}\right](1-r)^2$$

. . . .

$$u_n = a(1-r)^m r^2(m-n)\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\cos n.2\pi\frac{2b}{\lambda} - \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\sin n.2\pi\frac{2b}{\lambda}\right](1-r)^{2(n-1)}$$

Wenn man nun hieraus die Resultante aller der verzögerten Lichtwellensysteme, d. h. aller eben genannten, mit Ausnahme des ersten, berechnet, so wird U' oder die derselben entsprechende Geschwindigkeit:

$$U' = a(1-r)^m r^2\Big\{\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\Big[(m-1)\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda} + (m-2)(1-r)^2\cos 2.2\pi\frac{2b}{\lambda} + \ldots (m-n)(1-r)^{2(n-1)}\cos n.2\pi\frac{2b}{\lambda}\Big]$$
$$- \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\Big[(m-1)\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda} + (m-2)(1-r)^2\sin 2.2\pi\frac{2b}{\lambda} + \ldots (m-n)(1-r)^{2(n-1)}\sin n.2\pi\frac{2b}{\lambda}\Big]\Big\}$$

Setzen wir nun den Coëfficienten von $\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)$ gleich $A' \cos i$, und den Coëfficienten von $\cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)$ gleich $A' \sin i$, so wird:

$$U = A'\left[\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\cos i - \cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)\sin i\right]$$

$$= A' \sin\left[2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)-i\right]$$

woraus folgt, dafs A' die Intensität des resultirenden Lichtwellensystems wird.

Multipliciren wir $A' \sin i$ mit $\sqrt{-1}$ und addiren es zu $A' \cos i$, setzen, Kürze halber,

$$(1-r)^2\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}\,.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)$$

gleich p, und erwägen, dafs:

$$\cos mz+\sqrt{-1}\,.\sin mz=(\cos z+\sqrt{-1}\,.\sin z)^m$$

ist, so erhalten wir:

$$A'(\cos i+\sqrt{-1}\,.\sin i)$$

$$= a\,.(1-r)^m r^2\left(\cos 2\pi\frac{2b}{\lambda}+\sqrt{-1}\,.\sin 2\pi\frac{2b}{\lambda}\right)\times$$

$$\times\left((m-1)+(m-2)p+(m-3)p^2+\ldots(m-n)p^{n-1}\right)\ldots(9)$$

Nennt man $\left((m-1)+(m-2)p+(m-2)p^2+\ldots\right)$ Kürze halber S, so wird:

$$S=\left.\begin{array}{r}(m-1)(1+p+p^2+p^3+p^4+\ldots+p^{n-1})\\ -(p+p^2+p^3+p^4+\ldots+p^{n-1})\\ -(p^2+p^3+p^4+\ldots\ldots+p^{n-1})\\ -(p^3+p^4+\ldots\ldots\ldots\ldots+p^{n-1})\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ -p^{n-1}\end{array}\right\}$$

oder:

$$S=\left\{\begin{array}{l}\frac{m-1}{1-p}(1-p^n)\\ -\frac{1}{1-p}(p-p^n)\\ -\frac{1}{1-p}(p^2-p^n)\\ -\frac{1}{1-p}(p^3-p^n)\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\\ -\frac{1}{1-p}(p^{n-1}-p^n)\end{array}\right.$$

oder:

$$S=\frac{1}{1-p}\Big[(m-1)-(m-1)p^n-(p+p^2+p^3+\ldots+p^{n-1})$$
$$+(n-1)p^n\Big]$$
$$=\frac{1}{1-p}\Big[(m-1)-(m-n)p^n-\frac{p-p^n}{1-p}\Big].$$

Nun ist klar, dafs n oder die Anzahl der nach den zweiten Reflexionen durchgegangenen Strahlen gleich seyn mufs mit $m-1$, oder *eins* weniger betragen mufs als die Anzahl der reflectirenden Flächen. Diefs erwägend wird:

$$S=\frac{(m-1)-(m-2)p+p^m}{(1-p)^2}.$$

Obwohl wir hier m nicht eigentlich als unendlich grofs annehmen dürfen, so mufs es doch so grofs seyn, dafs wir p^m im Vergleich mit $(m-2)p$ als Null, und

$m-1$ sowohl wie $m-2$ als gleich zu betrachten können. Hiedurch wird:

$$S=\frac{m}{1-p}.$$

Setzt man diesen Werth von S in der Formel (9) und statt p dessen Werth, bezeichnet überdiefs $2\pi\frac{2b}{\lambda}$ Kürze halber mit q, so wird:

$$A(\cos i+\sqrt{-1}.\sin i)$$

$$=\frac{a(1-r)^m mr^2(\cos q+\sqrt{-1}.\sin q)}{1-(1-r)^2(\cos q+\sqrt{-1}.\sin q)}.$$

Durch Sonderung der reellen von den imaginären Gröfsen erhält man hiedurch:

$$\sin i=\frac{\sin q}{\sqrt{1-2(1-r)^2\cos q+(1-r)^4}}$$

und:

$$\cos i=\frac{\cos q-(1-r)^2}{\sqrt{1-2(1-r)^2\cos q+(1-r)^4}},$$

so wie:

$$A=\frac{a.mr^2(1-r)^m}{\sqrt{1-2(1-r)^2\cos q+(1-r)^4}}.$$

Bezeichnet U die Geschwindigkeit, welche der Resultante aller durchgegangenen Strahlen entspricht, so wird $U=u+U'$, oder:

$$U=[a(1-r)^m+A\cos i]\sin 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)$$

$$-A\sin i\cos 2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right).$$

Wird dieser Ausdruck auf die Form

$$U=A\sin\left[2\pi\left(t-\frac{x}{\lambda}\right)-\beta\right]$$

zurückgeführt, und A, welches dann die Intensität der ganzen Resultante ausdrücken mufs, auf die gewöhnliche Weise bestimmt, so wird:

$$A=\sqrt{A^2+2Aa(1-r)^m\cos i+(1-r)^{2m}r^2}$$

oder, nach Substitution der bereits gefundenen Werthe von A' und $\cos i$:

$$A = a(1-r)^m \frac{\sqrt{1+2(mr^2-(1-r)^2)\cos q+[mr^2-(1-r)^2]^2}}{\sqrt{1-2(1-r)^2\cos q+(1-r)^4}} \quad (10)$$

Wird dieser Ausdruck in Bezug auf q differenziirt, so erhellt, dafs A ein Maximum oder Minimum wird, so oft $\sin q = 0$ ist; d. h. A wird ein *Maximum*, wenn $\frac{2b}{\lambda}$ gleich ist 0, 1, 2, 3, 4 .... u. s. w., und ein *Minimum*, wenn $\frac{2b}{\lambda}$ gleich ist $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$, $\frac{9}{2}$ ... u. s. w., d. h. ganz unter denselben Umständen, wie wenn der vorausgesetzten reflectirenden Flächen nur zwei vorhanden wären. Hieraus folgt, dafs

$$A\,;\ \textit{Maximum} = a(1-r)^m \frac{(1+mr^2-(1-r)^2)}{1-(1-r)^2}$$
$$= a(1-r)^m\left(1+\frac{mr^2}{1-(1-r)^2}\right)$$

und:

$$A\,;\ \textit{Minimum} = a(1-r)^m \frac{(1-mr^2+(1-r)^2}{1+(1-r)^2}$$
$$= a(1-r)^m\left(1-\frac{mr^2}{1+(1-r)^2}\right).$$

Vergleichen wir nun die Intensitäten im Maximo und im Minimo mit einander, so wird:

$$\frac{A\,;\ Max.}{A\,;\ Min.} = \frac{2r+mr^2}{1+(1-r)^2-mr^2} \cdot \frac{1+(1-r)^2}{2r}.$$

Erwägen wir nun, dafs r eine äufserst kleine Gröfse seyn mufs, so reducirt sich die obige Formel auf:

$$\frac{A\,;\ Max.}{A\,;\ Min.} = 1+\frac{mr}{2}.$$

Wir sehen also hieraus, dafs das Verhältnifs zwischen den Intensitäten im Maximo und im Minimo desto gröfser werden mufs, je gröfser m ist, d. h. je dicker das absorbirende Mittel ist. Wir erhalten dadurch *einen*

Grund zu dem bedeutenden Unterschied zwischen den Maximis und Minimis des Sonnenspectrums, falls die Atmosphäre der Sonne und die der Erde die absorbirenden Media sind.

Defsungeachtet giebt es viele Umstände, welche unser Urtheil über die relativen Intensitäten in den Maximis und Minimis höchst unsicher machen. Die nämliche Lichtflamme, welche am Abend hinreicht unser Zimmer zu erleuchten, wird am Tage, in Sonnenschein gestellt, fast ganz unwahrnehmbar. Auf gleiche Weise scheint es uns, wenn wir an einem dunkeln Abend aus einem erleuchteten Zimmer treten, so finster zu seyn, dafs wir kaum einen einzigen der uns umgebenden Gegenstände erkennen können; nach einigen Minuten nehmen wir sie indefs ganz gut gewahr. Die Himmelskörper, welche bei Nacht mit starkem Glanze leuchten, am Tage aber ganz unsichtbar sind, liefern uns ein neues Beispiel derselben Art. Ueberdiefs wissen wir, dafs das Auge selbst sich ändert nach der gröfseren oder geringeren Intensität des Lichts; die Zusammenziehung und Erweiterung der Pupille ist vielleicht nicht die einzige Veränderung, welche das Auge in dieser Hinsicht erleidet; vielmehr halte ich es auch für wahrscheinlich, dafs selbst die Netzhaut die Fähigkeit besitze, sich mehr oder weniger empfindlich zu machen. Aus diesem Grunde sieht man leicht ein, dafs der Unterschied zwischen den Intensitäten im Maximo und Minimo uns möglicherweise als sehr grofs erscheinen könne, ohne es doch wirklich zu seyn, und dafs die Intensität in den schwarzen Strichen sehr bedeutend seyn könne, wiewohl die Nähe der noch stärker leuchtenden Striche unser Auge unempfindlich für dieselbe macht.

Ich habe bereits die vorbereitenden Zurüstungen gemacht, um auf experimentellem Wege die Identität zwi-

schen den Absorptionserscheinungen und denen, welche eine Folge aus der von mir zu deren Erklärung angenommenen Hypothese seyn würden, zu beweisen. Die Formeln, welche man zu einem solchen Vergleich gebraucht, will ich nun auseinandersetzen. Ich habe schon bewiesen, dafs wenn Licht von allen Wellenlängen durch ein Medium geht, welches eine Verzögerung c verursacht, sämmtliche Lichtgattungen, deren halbe Wellenlänge ist:

$$c, \frac{c}{3}, \frac{c}{5}, \frac{c}{7}, \frac{c}{9}, \ldots \frac{c}{2m-1}, \frac{c}{2m+1} + \ldots$$

Minima werden. Um nun hieraus eine Formel zu erhalten für die Minima, welche in Folge der Verzögerung c in einem Spectrum, dessen äufserste Gränzen α (Gröfst.) und β (Kleinst.) sind, entstehen müssen, bezeichne ich diese Anzahl mit s, und nehme an dafs $\frac{1}{2}\alpha < \frac{c}{2m-1}$,

aber $\frac{1}{2}\alpha > \frac{c}{2m+1}$, ferner $\frac{1}{2}\beta < \frac{c}{2(m+s)-1}$

aber $\frac{1}{2}\beta > \frac{c}{2(m+s)+1}$. Hieraus wird $2m-1 < \frac{2c}{\alpha}$ und $2m+1 > \frac{2c}{\alpha}$ oder $m < \frac{c}{\alpha} + \frac{1}{2}$ und $> \frac{c}{\alpha} - \frac{1}{2}$ und folglich $m =$ der ganzen Zahl in $\frac{c}{\alpha} + \frac{1}{2}$.

Auf gleiche Weise wird $m+s < \frac{c}{\beta} + \frac{1}{2}$ und $> \frac{c}{\beta} - \frac{1}{2}$, folglich

$$s = \text{Ganzer Zahl in} \left(\frac{c}{\beta} + \tfrac{1}{2}\right) - \text{Ganz. Zahl in} \left(\frac{c}{\alpha} - \tfrac{1}{2}\right) \quad (11)$$

Sieht man dagegen das Absorptionsphänomen als bekannt an, und sucht die Gröfse der Verzögerung, welche dasselbe hervorbringt, so mufs man zuerst auf die eine oder die andere Weise die Wellenlängen der Lichtsorten bestimmen, die irgend zwei Minimis entsprechen. Nenne ich diese α' und β' und die Anzahl der dazwischenliegenden Absorptionen $s-1$ (d. h. bezeichnet s

die Ordnungszahl des Minimums, dessen Undulationslänge ist β', gerechnet von dem, dessen Undulationslänge α' ist), und nehme an:

$$\frac{c}{2m'-1}=\tfrac{1}{2}\alpha' \text{ und } \frac{c}{2(m'+s)-1}=\tfrac{1}{2}\beta',$$

so wird $c=\alpha'(m'-\tfrac{1}{2})=\beta'((m'+s)-\tfrac{1}{2})$ daraus:

$$m'=\frac{\beta' s}{\alpha'-\beta'}+\tfrac{1}{2}$$

und folglich:

$$c=\frac{\alpha'\beta' s}{\alpha'-\beta'} \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

Ist c gegeben, so ist es leicht, den Unterschied δ zwischen den Undulationslängen für zwei dicht an einander liegenden Minima zu bestimmen, nämlich γ und $\gamma-\delta$.

Wenn man dann annimmt $\frac{c}{2m'-1}=\tfrac{1}{2}\gamma$ und $\frac{c}{2m'+1}=\tfrac{1}{2}(\gamma-\delta)$, so wird $m'=\frac{c}{\gamma}+\tfrac{1}{2}$ und:

$$\delta=\frac{\gamma^2}{c+\gamma} \ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

Für eine andere Undulationslänge γ' erhalten wir auf gleiche Weise:

$$\delta'=\frac{\gamma'^2}{c+\gamma'}$$

und folglich:

$$\delta:\delta'=\frac{\gamma^2}{c+\gamma}:\frac{\gamma'^2}{c+\gamma'};$$

wenn c einigermaſsen beträchtlich ist, wird $\frac{1}{c+\gamma}$ sehr nahe gleich $\frac{1}{c+\gamma'}$, und so hat man auch sehr nahe:

$$\delta:\delta'=\gamma^2:\gamma'^2 \ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

welche Formel zur Vergleichung der beobachteten mit den berechneten Erscheinungen dienen kann.

Das Local, in welchem ich bisher meine Versuche angestellt habe, hat mir nicht erlaubt eine sichere Messung der im Sonnenspectrum vorhandenen fixen Linien

vorzunehmen, wiewohl diefs die sicherste Weise ist, die Beziehung zwischen der Brechbarkeit und der Wellenlänge zu bestimmen, weil man dann sich unmittelbar der genauen Messungen von Fraunhofer bedienen kann. Ich habe daher auf die Undulationslängen nur nach dem Urtheile meines Auges über die entsprechende Farbe schliefsen können. Die Messungen, welche ich bisher angestellt, können also nur als ungefährige betrachtet werden, und daher führe ich sie hier auch gar nicht an. Nichtsdestoweniger haben sie alle mir die bestimmte Ueberzeugung gegeben, dafs die Absorptions-Erscheinungen, und die, welche aus der von mir aufgestellten Hypothese erfolgen müssen, identisch sind. Ein Beispiel davon dürfte jedoch Erwähnung verdienen, wiewohl die Messung nur als ungefährig betrachtet werden mufs. Im Spectrum des Jodgases nahmen 15 Striche, von dem orangefarbenen Striche ab in das Rothe, 9′ 30″ ein; 10 Strich zwischen dem Gelben und Grünen nahmen 5′ 30″ ein; ich nehme deshalb an, dafs der Abstand zwischen zwei benachbarten Strichen an der Gränze zwischen dem Roth und Orange 38″ und an der Gränze zwischen dem Gelb und Grün 31″ betrage. Wenn man nun in der Formel (14) für γ und γ' die beiden entsprechenden Wellenlängen (0,0000246 und 0,0000219 engl. Zoll nach Herschel's Tabelle) setzt, so wird $\delta : \delta' = 38 : 30{,}6$.

Es versteht sich übrigens von selbst, dafs ich mit der Undulationslänge einer Farbe die Undulationslänge *in dem absorbirenden Mittel* meinen müsse. Da in dem angeführten Beispiele die Undulationslängen so genommen wurden wie sie in der Luft gemessen worden, und überdiefs die Quadrate der Undulationslängen verglichen wurden mit dem Abstand zwischen zwei zunächst liegenden Minimis statt mit den Differenzen zwischen den entsprechenden Undulationslängen, was voraussetzen würde, dafs die Brechbarkeit einer Farbe proportional wäre ihrer Undulationslänge, so kann dasselbe für nichts anderes

beweisend angesehen werden, als dafs das Raisonnement und die Erfahrung darin übereinstimme, dafs die Absorptionen in der grünen Farbe einander näher liegen als in der rothen.

Endlich mufs ich bemerken, dafs, obgleich ich mir bisher die Verzögerungen nur als entstanden durch Reflexion zwischen den Theilchen gedacht habe, ich doch auch ganz wohl die Möglichkeit einsehe, dafs diese Vorstellung unrichtig sey, und alle Verzögerungen aus irgend einer uns noch ganz unbekannten Ursache entspringen. Allein durch das Angeführte glaube ich doch dargethan zu haben, dafs die Absorptions-Erscheinungen auf ein einziges einfaches mathematisches Princip zurückgeführt werden können, und dafs diese Erscheinungen, als eigentlich den absorbirenden Körpern angehörend, auf gewisse bestimmte Gröfsen hinweisen, welche sich im absoluten Maafse angeben lassen, und welche näher zu untersuchen, was auch sonst die Ursache derselben seyn mag, immer von wirklichem Interesse seyn mufs.

(*Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1834.)

XXXIX. *Berechnung der Newton'schen Diffractionsversuche; von G. B. Airy.*

(*Transact. of the Cambridge Philosoph. Society, Vol. V pt. II.*)

Seit den Fresnel'schen Diffractionsversuchen [1]) ist es bei allen Versuchen dieser Klasse üblich, das durch eine Linse von kurzer Brennweite gebildete Sonnenbild als Lichtquelle anzuwenden. Nach der Undulationstheorie ist die Wirkung des so erzeugten Lichts genau dieselbe wie wenn das kleine Sonnenbild die wirkliche Quelle des Lichtes wäre, welches innerhalb eines körperlichen Winkels von mehren Graden im Durchmesser mit glei-

1) Annal. Bd. XXX S. 100.

cher Intensität divergirt. Die sphärische oder chromatische Aberration der Linse hat keinen merklichen Einflufs bei den gewöhnlichen Versuchen, bei welchen allen der Winkel zwischen den hernach interferirenden Strahlen klein ist. Bei Berechnung so angestellter Versuche sind wir demnach vollkommen sicher, keine Betrachtung aufser Acht gelassen zu haben, deren Vernachlässigung einen merkbaren Fehler nach sich ziehen könnte.

Newton indefs hat seine Versuche auf eine andere Weise angestellt. Seine Lichtquelle war ein Loch von $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser, durch welches das Sonnenlicht geleitet ward. Die Wirkung dieses Lichtes ist, nach der Undulationstheorie, *nicht* dieselbe wie im Fall das helle Loch die Lichtquelle wäre. Es wird daher ein Gegenstand von einigem Interesse, mathematisch zu untersuchen, welch eine Wirkung die durch ein Loch von merklicher Gröfse hindurchgelassenen Sonnenstrahlen erzeugen, und ob, in der Praxis, diese Wirkung viel abweiche von der, welche ein durch eine Linse von kurzer Brennweite gebildetes Sonnenbild hervorbringt.

Die Integrale, welche bei dieser Untersuchung vorkommen, sind von der Art, dafs ihre Werthe selbst in Tafeln von Zahlen nicht angegeben werden können (ausgenommen natürlich in besonderen Fällen, wo sich durch eine sehr mühsame Summation numerische Resultate erhalten liefsen), Das Einzige, was sich zeigen läfst, ist: dafs die Integrale genau dieselben sind, wie die, welche in einem ganz anderen Falle, bei Anwendung von Fresnel's Beobachtungsweise, vorkommen. Selbst so weit bin ich nur in Einem Falle gelangt, in dem nämlich, wo das Loch ein rechteckiges Parallelogramm von einer gewissen Länge ist, und wo auch die beugende Oeffnung aus einem ähnlich liegenden rechteckigen Parallelogramm besteht, eingeschlossen in diesen allgemeinen Fall den besonderen, dafs eins der Parallelogramme oder beide nach einer Seite hin unbegränzt sind.

Betrachten wir zunächst einen den Newton'schen

ähnlichen Fall. Eine ebene Welle trete in das Parallelogramm und dann durch einen Schlitz, dessen Seiten denen des Parallelogramms parallel sind; bestimmt soll werden: die Intensität des Lichts, welches in einer gegebenen Entfernung auf einen Schirm fällt. Zuerst mufs bemerkt werden, dafs es, zur Schätzung der *vergleichenden* Intensität des Lichts in paralleler Richtung mit einer (z. B. der kurzen) Seite des Parallelogramms, nicht nöthig ist, die Länge des Parallelogramms in der anderen Richtung in Betracht zu ziehen; denn man wird, beim Versuche einer Integration, leicht einsehen, dafs die Intensität des Lichts durch das Product zweier Gröfsen ausgedrückt wird, von denen die eine nur abhängt von der Länge der Parallelogramme und von der Lage des Punkts auf dem Schirm in einer Richtung; und die andere nur abhängt von der Breite der Parallelogramme und der Lage des Punktes auf dem Schirm in der andern Richtung. Die Lichtstärke längs einer gegebenen, einer Seite des Parallelogrammes parallelen Linie wird also, so weit sie von der andern Seite abhängt, nur von einem constanten Coëfficienten bedingt. Wir vernachlässigen also die Länge (nämlich diejenige Dimension der Parallelogramme, welche senkrecht ist auf der Linie, nach welcher die vergleichende Helligkeit ermittelt werden soll); wir denken uns eine Normale auf die Vorderfläche der Welle gefällt, setzen die Gränzen der Breite der äufseren Oeffnung, gemessen von dieser Normale, gleich α und β (die Entfernung irgend eines Punkts der Oeffnung von der Normale $=v$), setzen ferner die Gränzen der Breite des Schlitzes gleich γ, δ (die Entfernung irgend eines Punkts des Schlitzes von der Normale $=w$) und die Entfernung (von der Normale) des Punkts auf dem Schirm, dessen Beleuchtung ermittelt werden soll, gleich x. Die Entfernung der äufseren Oeffnung von dem Schlitz sey a, und die des Schlitzes vom Schirm sey b. Man denke sich die Vorderfläche der Welle, wo sie in die äufsere Oeffnung tritt, getheilt in eine grofse Anzahl kleiner Theile

$\delta\varrho$, und jeden dieser Theile als den Mittelpunkt einer kleinen von ihm aus divergirenden Welle. Die Entfernung des Punktes ϱ der Oeffnung vom Punkte ϖ des Schlitzes ist:

$$\sqrt{a^2+(\varrho-\varpi)^2}=a+\frac{1}{2a}(\varrho-\varpi)^2;$$

und die Störung, welche die von dem Raum $\delta\varrho$ zu ϱ sich ausbreitende kleine Welle in ϖ erzeugt, wird also proportional seyn:

$$\delta\varrho\,.\,\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left\{vt-A-a-\frac{1}{2a}(\varrho-\varpi)^2\right\}.$$

Integrirt man diefs in Bezug auf ϱ, so wird der Coëfficient von $\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a)$:

$$\int_v \cos\frac{\pi}{a\lambda}(\varrho-\varpi)^2,$$

und der Coëfficient von $\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a)$:

$$-\int_v \sin\frac{\pi}{a\lambda}(\varrho-\varpi)^2.$$

Das erste dieser Integrale ist $=\int_v \cos\frac{\pi}{\lambda}\left(\varrho\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)^2$, und wenn man $\varphi(z)$ anstatt $\int_z \cos\left(\frac{\pi}{2}z^2\right)$ setzt, wird diefs Integral zwischen den Gränzen $\varrho-\alpha$, $\varrho=\beta$ proportional:

$$\varphi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)-\varphi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right).$$

Setzt man ähnlich $\psi(z)$ für $\int_z sin\left(\frac{\pi}{2}z^2\right)$, so wird das Integral $-\int_v \frac{\pi}{a\lambda}(v-w)^2$ zwischen denselben Gränzen proportional:

$$-\psi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)+\psi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right).$$

Die gesammte Verschiebung in dem Punkt w wird also:

$$sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a)\times\left\{+\varphi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)-\varphi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)\right\}$$
$$+cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a)\times\left\{-\psi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)+\psi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-w\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)\right\}$$

Nun nehme man an, diese Verschiebung sey der Ursprung einer von ihr als Mittelpunkt divergirenden kleinen Welle. Die Entfernung zwischen dem Punkt w des Schlitzes vom Punkt x des Schirms ist:

$$\sqrt{b^2+(w-x)^2}=b+\frac{1}{2b}(w-x)^2$$

und diese Entfernung mufs zu $A+a$ in den Ausdrücken

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a) \text{ und } \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a)$$

addirt werden, um einen Ausdruck zu finden, welcher der durch sie in dem Punkt x auf dem Schirm bewirkten Verschiebung proportional ist. Der Ausdruck mufs also mit $\delta\varpi$, der Breite des kleinen Raums, von dem die Welle ausgeht, multiplicirt werden. So finden wir für die gesammte Verschiebung in dem Punkte x des Schirms:

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a-b)\times\int_{\varpi}\left\{\begin{array}{l}\cos\frac{\pi}{b\lambda}(\varpi-x)^2\times\left\{\varphi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)-\varphi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)\right\}\\ +\sin\frac{\pi}{b\lambda}(\varpi-x)^2\times\left\{-\psi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)+\psi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)\right\}\end{array}\right\}$$

$$+\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a-b)\times\int_{\varpi}\left\{\begin{array}{l}\sin\frac{\pi}{b\lambda}(\varpi-x)^2\times\left\{-\varphi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)+\varphi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)\right\}\\ +\cos\frac{\pi}{b\lambda}(\varpi-x)^2\times\left\{-\psi\left(\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)+\psi\left(\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}-\varpi\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}\right)\right\}\end{array}\right\}$$

wo die Integrale zwischen den Gränzen $\varpi=\gamma$, $\varpi=\delta$ zu nehmen sind. Die Helligkeit in dem Punkte x des Schirms wird demnach proportional der Summe der Quadrate der Coëfficienten von

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a-b) \text{ und } \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A-a-b).$$

Betrachten wir jetzt einen Fall, wo die Beleuchtung nach der Fresnel'schen Methode hervor-

gebracht ist. Es sey a' der Abstand der Lichtquelle von der Oeffnung und b' der der Oeffnung von dem Schirm. Von der Lichtquelle sey eine Linie senkrecht auf den Schirm gezogen, und die Gränzen der Oeffnung, gemessen von dieser Linie und in derselben Richtung wie die Breiten des Parallelogramms bei Newton's Versuche, seyen ε und ζ (die Entfernung irgend eines Punktes in dieser Richtung sey p) und die Gränzen in der darauf senkrechten Richtung seyen $\eta+np$; $\vartheta+np$, wo n constant ist. (Es ist leicht ersichtlich, daſs dieſs einſchlieſst, die Figur sey ein Rhomboid, mit zwei seiner Seiten parallel den Parallelogrammen in Newton's Versuch.) Die Entfernung in dieser zweiten Richtung sey allgemein $=q$, auch seyen (in den Richtungen p und q) x' und y' die Entfernungen irgend eines Punkts auf dem Schirm von derselben Linie. Der Abstand der Lichtquelle von dem Punkte p, q in der Oeffnung ist:

$$\sqrt{a'^2+p^2+q^2}=a'+\frac{p^2}{2a'}+\frac{q^2}{2a'}$$

und die Verschiebung wird daher proportional seyn:

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-A-a'-\frac{p^2}{2a'}-\frac{q^2}{2a'}\right).$$

Der Abstand des Punktes p, q in der Oeffnung von dem Punkte x', y' auf dem Schirm ist:

$$\sqrt{b'^2+(p-x')^2+(q-y')^2}=b'+\frac{(p-x')^2}{2b'}+\frac{(q-y')^2}{2b'}$$

und dieſs muſs in dem Ausdruck für die Verschiebung addirt werden zu:

$$A+a'+\frac{p^2}{2a'}+\frac{q^2}{2a'},$$

um die Verschiebung zu erhalten, welche die von dem Punkte p, q der Oeffnung divergirende Welle in dem Punkte x', y' auf dem Schirm hervorbringt. Ferner muſs, um die Wirkung der von dem kleinen Rechteck, dessen Seiten δp, δq sind, ausgehenden Welle zu erhalten, multiplicirt werden mit δp, δq. Folglich ist die zu integrirende Gröſse:

$$\int_p\int_q \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-A'-a'-b'-\frac{p^2}{2a'}-\frac{q^2}{2a'}-\frac{(p-x')^2}{2b'}-\frac{(q-y')^2}{2b'}\right),$$

worin, nach der Integration in Bezug auf q, die Gränzen von q vor der nächsten Integration in Function von p ausgedrückt werden müssen.

Setzt man:

$$A'+a'+b'+\frac{x'^2+y'^2}{2(a'+b')}=B'$$

so wird dieser Ausdruck:

$$\int_p\int_q .\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left\{vt-B'-\frac{a'+b'}{2a'b'}\left(p-\frac{a'x'}{a'+b'}\right)^2-\frac{a'+b'}{2a'b'}\left(q-\frac{a'y'}{a'+b'}\right)^2\right\}.$$

Das erste Integral ist:

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left\{vt-B'-\frac{a'+b'}{2a'b'}\left(p-\frac{a'x'}{a'+b'}\right)^2\right\}\int_q .\cos\left\{\frac{\pi}{2}.\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}\left(q-\frac{a'y'}{a'+b'}\right)^2\right\}$$

$$-\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left\{vt-B'-\frac{a'+b'}{2a'b'}\left(p-\frac{a'x'}{a'+b'}\right)^2\right\}\int_q .\sin\left\{\frac{\pi}{2}\cdot\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}\left(q-\frac{a'y'}{a'+b'}\right)^2\right\}$$

und $\int_q \cos\left\{\frac{\pi}{2}\cdot\frac{2(a'+b')}{a'b\lambda}\left(q-\frac{a'y'}{a'+b'}\right)^2\right\}=\int_q \cos\frac{\pi}{2}\left(q\sqrt{\frac{2(a'+b'}{a'b'\lambda}}-y'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}\right.$

was zwischen den Gränzen $q=\eta+np$, $q=\vartheta+np$ proportional ist:

$$\varphi\left\{\vartheta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-y'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}+pn\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}.$$

$$-\varphi\left\{\eta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-y'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}+pn\sqrt{\frac{2(a'+b)}{a'b'\lambda}}\right\}.$$

Die mit $\int_q \sin\left\{\frac{\pi}{2}\cdot\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}\left(q-\frac{a'y'}{a'+b'}\right)^2\right\}$ proportionale Gröfse wird auf dieselbe Weise ausgedrückt, wenn man ψ statt φ setzt.

Die gesammte Verschiebung des Aethers in dem Punkte x', y' wird daher seyn:

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-B)\times\int_{q}\left\{\begin{array}{l}\cos\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{\pi a'+b'}{a'b'}\left(p-\frac{a'x'}{a'+b'}\right)^2\times\left[\varphi\left\{\vartheta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-\gamma'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}\right.\right.\\ \left.\left.+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}-\varphi\left\{\eta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-\gamma'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}\right]\\ +\sin\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{a'+b'}{a'b'}\left(p-\frac{a'x'}{a'+b'}\right)^2\times\left[-\psi\left\{\vartheta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-\gamma'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}\right.\right.\\ \left.\left.+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}+\psi\left\{\eta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-\gamma'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}\right]\end{array}\right\}$$

$$+\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-A)\times\int_1\left\{\begin{array}{l}\sin\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{a'+b'}{a'b'}\left(p-\frac{a'x'}{a'+x'}\right)^2\times\left[-\varphi\left\{\vartheta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-y'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}\right.\right.\\ \left.\left.+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}+\varphi\left\{\eta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-y'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}\right]\\ +\cos\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{a'+b'}{a'b'}\left(p-\frac{a'x'}{a+b'}\right)^2\times\left[-\psi\left\{\vartheta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-y'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}\right.\right.\\ \left.\left.+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}+\psi\left\{\eta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-y'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}+p.n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\right\}\right]\end{array}\right\}$$

wo die Integrale zwischen den Gränzen $p=\varepsilon$ und $p=\zeta$ zu nehmen sind. Die Helligkeit in dem Punkte x', y' des Schirms wird dann proportional der Summe der Quadrate der Coëfficienten von $\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-B')$ und $\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-B')$.

Wir haben nun zu zeigen, dafs sich, für einen constanten Werth von y' und einen veränderlichen Werth von x', diese Ausdrücke den im ersten Falle erhaltenen ähnlich machen lassen. Zu

dem Ende wird es nöthig, erstlich: die Coëfficienten der Ausdrücke unter dem Integralzeichen gleich zu machen, und zweitens: auch die Integrationsgränzen gleich zu machen.

Die erste Betrachtung giebt uns:

$$\frac{\pi}{b\lambda}=\frac{\pi}{\lambda}\cdot\frac{a'+b'}{a'b'}\,; \qquad x=\frac{a'x'}{a'+b'}$$

$$\beta\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}=\vartheta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda'}}-\gamma'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}\,;$$

$$\alpha\sqrt{\frac{2}{a\lambda}}=\eta\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}-\gamma'\sqrt{\frac{2a'}{b'(a'+b')\lambda}}\,;\ \sqrt{\frac{2}{a\lambda}}=n\sqrt{\frac{2(a'+b')}{a'b'\lambda}}\,;$$

und die zweite Betrachtung giebt $\gamma=\varepsilon$; $\delta=\zeta$, woraus $\delta-\gamma=\zeta-\varepsilon$. Die erste Reihe von Gleichungen, reducirt, giebt:

$$\frac{1}{b}=\frac{1}{a'}+\frac{1}{b'}\,;\ x=\frac{b}{b'}x'\,;\ \beta\sqrt{\frac{1}{\alpha}}=\vartheta\sqrt{\frac{1}{b}}-\gamma'\sqrt{\frac{b_{,}}{b'^2}}\,;$$

$$\alpha\sqrt{\frac{1}{\alpha}}=\eta\sqrt{\frac{1}{b}}-\gamma'\sqrt{\frac{b}{b'^2}}\,;\ \text{woraus}\ (\beta-\alpha)\sqrt{\frac{b}{a}}=\vartheta-\eta\,;\ \text{und}\ n=-\sqrt{\frac{b}{a}}\,.$$

Der Sinn dieser Gleichungen läſst sich folgendermaſsen in Worten ausdrücken:

Geht bei Newton's Methode Licht durch ein rechteckiges Loch, dessen horizontale Breite $\beta-\alpha$

ist, und durch einen Schlitz, der in horizontaler Richtung $\delta - \gamma$ breit, und um a von dem Loche entfernt ist, und fällt es dann in der Entfernung b vom Schlitz auf einen Schirm:

Und geht das Licht bei Fresnel's Methode durch ein rhomboidisches Loch mit zwei verticalen Seiten, in dem Abstande a' vom Sonnenbild; und fällt es, in der Entfernung b' vom Loch auf einen Schirm oder das Augenstück eines Fernrohrs, so dafs $\frac{1}{a'} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{b}$:

Und ist die Länge der verticalen Seiten des Rhomboids $= \sqrt{\frac{b}{a}} \times$ der horizontalen Breite des vorderen Lochs im ersten Fall (oder $\beta - \alpha$); ist die horizontale Breite des Rhomboids gleich der horizontalen Breite des Schlitzes im ersten Fall (oder $\delta - \gamma$); ist die Tangente des Winkels zwischen den Seiten des Rhomboids $= \sqrt{\frac{a}{b}}$ (der scharfe Winkel des Rhomboids an der Seite liegend, wo x negativ und y positiv ist):

Alsdann wird das Verhältnifs der Lichtstärken längs der horizontalen Linie im ersten Falle gleich seyn dem Verhältnifs der Lichtstärken längs einer horizontalen Linie im zweiten Falle, wobei der Abstand $x' = x \cdot \frac{b'}{b}$ im zweiten Fall dem Abstand x im ersten Fall entspricht.

Wenn im ersten Fall der Mittelpunkt des Lochs dem Mittelpunkt des Schlitzes gegenübersteht, mufs im zweiten Fall die horizontale Linie über die Mitte der Beleuchtung des Schirms gezogen werden. Allein, wenn im ersten Fall der Mittelpunkt des Lochs nicht dem Mittelpunkt des Schlitzes gegenübersteht, sondern nach der Richtung, welche x positiv macht, so mufs im zweiten Fall die

horizontale Linie nicht über die Mitte der Beleuchtung, sondern nach der Seite, welche y' negativ macht, gezogen werden. Im Allgemeinen, oder wenn im ersten Fall an einer der Oeffnungen eine Seite fehlt, müssen die Gleichungen:

$$\gamma = \varepsilon\ ,\ \vartheta = \zeta\ ,\ \beta\sqrt{\frac{1}{a}} = \vartheta\sqrt{\frac{1}{b}} - y'\sqrt{\frac{b}{b'^2}}\ ,\ \alpha\sqrt{\frac{1}{a}} = \eta\sqrt{\frac{1}{b}} - y\sqrt{\frac{b^2}{b'^2}}$$

gebraucht werden.

Ist die Ungleichheit der Seiten des Rhomboids beträchtlich, so weicht die Form der Beleuchtung nicht sehr ab von der bei einem parallelogrammalischen Loche. Die farbigen Streifen werden ein wenig geneigt seyn, so dafs diejenigen, welche bei einem Parallelogramme senkrecht auf dessen längsten Seiten seyn würden, sich der Richtung senkrecht auf der längeren Diagonale des Rhomboïdes nähern. Aufserdem wird ein schwacher Lichtschein von jedem, einem stumpfen Winkel entsprechenden Theile ausgehen, und nahe in der Richtung einer Linie, welche jenen Winkel halbirt. Diese allgemeinen Andeutungen werden den Leser in der Beurtheilung unterstützen, was theoretisch in den verschiedenen Umständen des Newton'schen Versuchs zu erwarten ist.

Bei Newton's Versuchen war das vordere Loch in Wirklichkeit kreisrund. Was für eine Wirkung diese Form haben werde, ist, aus der Theorie, unmöglich zu sagen; allein nach der Unbedeutendheit der Wirkung eines rechteckigen Loches zu urtheilen, bin ich zu glauben geneigt, dafs wenn die Oeffnungen einander gegenüberstehen, dieselbe Untersuchung sich auch darauf anwenden lasse.

Es wird nun nicht unpassend seyn, die Veranlassung zu dieser Untersuchung anzugeben.

In seiner Optik, Buch 3 Beobachtung 6, beschreibt Newton in sehr treffender Sprache die Wirkung der Verengerung eines Schlitzes, auf welchen Sonnenlicht fällt, nachdem es durch ein Loch von einem Viertelzoll im Durchmesser gegangen ist. Er giebt an, dafs, wenn die Breite des Schlitzes ungefähr $\frac{1}{400}$ Zoll war, die Beleuchtung des Schirms in der Mitte durch einen schwarzen Schatten unterbrochen wurde. Es ist gewifs, sowohl nach der Theorie als nach der Erfahrung, dafs wenn der Versuch nach Fresnel's Methode angestellt worden wäre, die Mitte der hellste Theil gewesen seyn würde. Es schien daher der Mühe werth, durch die beste Art von Untersuchung, welche solch ein widerspenstiger Stoff zuliefs, zu ermitteln, ob die Gröfse des vorderen Loches den dunkeln Schatten erklären könne. Aus der Betrachtung über die Form der Beleuchtung in dem zweiten der vorherigen Fälle geht mit Gewifsheit hervor, dafs sie es nicht könne. Das einzige Hülfsmittel (welches die Trübe des Wetters zu jener Zeit mir versagte) war die Wiederholung des Versuchs. Diese habe ich denn seitdem zu drei verschiedenen Zeiten vorgenommen, in Gegenwart von eben so vielen Personen. Ich habe sowohl rechteckige als kreisrunde Löcher von verschiedener Gröfse (das gröfste kreisrunde Loch hielt $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser) angewandt, und zuweilen die Oeffnung bis (der Schätzung nach) auf 0,01 Zoll verringert. Die Abstände betrugen jedesmal 30 Zoll, was auch die Abstände bei Newton's Versuchen gewesen zu seyn scheinen. In allen diesen Fällen war die Mitte hell. Ich kann die Ungenauigkeit in Newton's Beobachtung nur dadurch erklären, dafs sein Auge in Folge des plötzlichen Eindrucks, welchen die rasche Lichtschwächung auf der Mitte des Schirms machte (wodurch sie für einen Augenblick schwarz erscheinen mufste) zur Beobachtung unfähig geworden war, so wie auch durch sein freimüthiges Geständnifs in der Vorrede: »dafs das dritte Buch und die letzte Proposi-

tion des zweiten zusammen auf einzelne Blätter geschrieben ward,« und dafs: »Er auch den Gegenstand des dritten Buches unvollendet liefs, da er weder alle Versuche unternahm, welche er bei Beschäftigung mit diesen Dingen beabsichtigte, noch einige wiederholte, welche er anstellte, ehe er sich von allen Umständen dabei unterrichtet hatte.« Ich kann hinzusetzen, dafs Newton's Messungen der Abstände, in welchen der erste schwarze Strich gebildet ward, so unvereinbar ist mit denen seines Bewunderers Biot, dafs ich, mit Erwägung des oben erwähnten Geständnisses, glaube, kein Vertrauen in die Genauigkeit seiner Diffractionsversuche setzen zu dürfen.

Seit ich dieses schrieb, habe ich gefunden, dafs Biot die Versuche mit demselben Erfolg wie ich wiederholt hat (*Traité de physique, T. IV p.* 749). Indefs hat er Newton's Beobachtung nicht commentirt, nicht einmal erwähnt.

XL. *Kalklicht auf Leuchtthürmen.*

Bei Gelegenheit einer in der Pariser Academie gepflogenen Verhandlung über die Vorzüge des glühenden Kalks als Beleuchtungsmittel (Annal. Bd. VII S. 120) bemerkt Hr. Arago, dafs man jetzt damit umgehe, diefs Mittel, mit dem Capt. Drummond bereits einige Leuchtthürme an der Küste von Irland erleuchtet hat, auch in Frankreich zu gleichem Behufe einzuführen, dafs das so erzeugte Licht zwar die Intensität von 20000 Argandschen Lampen habe, aber auch mit verschiedenen Nachtheilen verknüpft sey. Denn erstlich müsse der glühende Kalkcylinder, weil er bald in der Knallgas-Flamme erhärte, häufig geputzt werden, was schwierig zu bewerkstelligen sey, und zweitens habe auch das Licht von einem so kleinen Körper nur eine schwache Divergenz, so dafs es beim Herumführen am Horizont gewissermafsen nur momentan an einem Ort erscheine. (*L'Institut. No.* 67 *p.* 274.)

XLI. *Versuche über Phosphorescenz durch Insolation, und Beschreibung eines neuen Photometers;*

von G. Osann.

In einer Abhandlung, welche im Archiv von Kastner, Bd. V. S. 88, enthalten ist, habe ich schon vor mehreren Jahren eine Reihe von Versuchen über die Phosphorescenz durch Insolation bekannt gemacht. Die nächste Ursache, welche mich damals veranlaſste diesen Gegenstand zu bearbeiten, war die Entdeckung einiger neuen Phosphore von vorzüglicher Lichtstärke. Von ihnen will ich hier nur die Verbindung von Kalk mit Realgar und von Kalk mit Schwefelantimon erwähnen. Man erhält sie durch dieselbe Bereitungsart, welche man bei Darstellung des cantonschen Phosphors anwendet, nämlich durch Glühen gebrannter Austerschalen mit den zwischen ihnen geschichteten Pulvern erwähnter Substanzen in bedeckten hessischen Tiegeln. Der Realgar giebt mit dem Kalk einen Phosphor, welcher mit blauem, an einigen Stellen mit violettem Licht leuchtet, das Schwefelantimon einen grün leuchtenden. Bei meiner gegenwärtigen Untersuchung ist es mir geglückt, noch zwei Phosphore zu entdecken. Den einen erhielt ich, als ich gebrannte Austerschalen mit Schwefelquecksilber glühte, den andern, als ich einen an der Luft zerfallenen und lange der Einwirkung derselben ausgesetzt gewesenen Schwefelantimonphosphor in einem Tiegel bis zum Rothglühen erhitzte. Der erste phosphorescirt hellgrün, der zweite mit weiſsem Lichte. Ich erwähne dieſs jetzt, weil die nachher zu beschreibenden Versuche mit diesen Phosphoren angestellt wurden.

Unstreitig gehört die Phosphorescenz zu den Thei-

len der Physik, deren Gegenstand verhältnifsmäfsig nur wenig bearbeitet ist. Bei Untersuchung desselben kommen daher noch Fragen in Betracht, über welche bei andern Gegenständen längst entschieden ist. Als diejenigen, welche bei der ersten Auffassung der Erscheinungen sogleich als Hauptfragen in die Augen springen, dürften folgende aufgeführt werden. 1) Besteht die Phosphorescenz in einer langsamen, durch die Insolation bewirkten Verbrennung? 2) Ist die Phosphorescenz eine Wiedergabe des bei der Insolation empfangenen Lichtes im Dunkeln? 3) Enthalten die Phosphoren an und für sich Licht, und wird dieses aus ihnen bei der Insolation entwickelt?

Anlangend die erste Frage, bemerken wir, dafs die Wahrscheinlichkeit einer stattfindenden Verbrennung sich gar sehr vermindert, wenn man die Beschaffenheit der natürlichen Körper berücksichtigt, welchen die Eigenschaft zu phosphoresciren zukommt. Die meisten dieser Körper enthalten verbrannte Bestandtheile, von welchen also eine fernere Verbrennung nicht wohl mehr anzunehmen ist, und die wenigen brennbaren Körper, wie der Diamant und der Bernstein, welche ebenfalls phosphoresciren, erleiden durch diesen Act auf ihrer Oberfläche keine Veränderung, was durchaus der Fall seyn müfste, wenn eine Verbrennung dabei stattfände.

Es bleibt also nun noch die Frage übrig, ob nicht bei den künstlichen Phosphoren während des Leuchtens eine langsame Verbrennung erfolge. Erkundigen wir uns nach vorhandenen Beobachtungen, so erfahren wir, dafs Thatsachen vorhanden sind, welche theils für, theils gegen eine Verbrennung sprechen. So soll, nach Angabe des Grafen Morozzo, der bononische Phosphor in Sauerstoffgas stärker leuchten als in atmosphärischer Luft. Ferner sollen die Phosphore, wenn ihre Leuchtkraft erhalten werden soll, nur in hermetisch verschlossenen Räumen aufbewahrt werden. Auch soll die Feuchtigkeit ihnen

schädlich seyn, weswegen nach der Bereitung sie sogleich in Gläser zu bringen, und diese zu verstopfen und zu versiegeln seyen.

Bevor ich die Versuche mittheile, welche ich in Betreff dieses Punktes angestellt habe, will ich zuvörderst meine Beobachtungen über die Aufbewahrung dieser Phosphore vorlegen. Die Behauptung, dafs man diese Phosphore vor Feuchtigkeit schützen und hermetisch verschliefsen müsse, ist durchaus irrig. Schon seit mehreren Monaten bewahre ich Realgar- und Schwefelantimonphosphor unter Wasser, und kann durchaus nicht finden, dafs ihr Vermögen durch Insolation phosphorescirend zu werden abgenommen hätte. Am stärksten leuchten die Phosphore, so lange die Austerschalen noch ganz sind. Mit der Zeit zerfallen diese, und man erhält ein weifses Pulver, welches nur in einem geringen Grade leuchtend ist. Offenbar rührt die Verminderung der Leuchtkraft daher, dafs, da die Schalen nicht an allen Stellen gleich gut leuchten, durch das Zerfallen Gemenge von gut und schlecht leuchtenden Theilen entstehen. In diesem Zustande scheinen sie sich unverändert zu erhalten. Schon seit mehreren Semestern habe ich eine offene Pappschachtel, gefüllt mit zerfallenem Realgarphosphor, welcher darin fortwährend mit Luft und Feuchtigkeit in Berührung ist. Ich gebrauche sie jedes Semester, um den Studirenden die Erscheinungen der Phosphorescenz zu zeigen. Hinsichtlich der Stärke des Leuchtens kann ich nicht sagen, dafs ich eine Abnahme wahrgenommen hätte. Täuschungen sind hierbei möglich, da ich keine photometrischen Versuche angestellt habe, doch kann der Unterschied jedenfalls nicht grofs seyn. Anlangend die Farben, mit denen sie leuchten, schien es mir, als wenn die, welche am Tageslicht aufbewahrt wurden, mehr an Farbenintensität verloren hätten, als die, welche im Dunkeln sich befunden hatten.

Nothwendig zur Anstellung dieser Versuche ist ein

dunkles, von Innen schwarz angestrichenes Kabinet, aus welchem man, ohne Licht einzulassen, die Phosphoren durch eine Oeffnung an das Tageslicht bringen und wieder zurückziehen kann. In einem solchen Kabinet wurden die weiter folgenden Versuche angestellt.

Es wurden gleiche Mengen Realgarphosphor in gleich weite Glasgefäfse gebracht. In dem einen blieb die atmosphärische Luft, das andere wurde mit Sauerstoffgas gefüllt. Die Füllung geschah einmal trocken, indem die atmosphärische Luft aus dem einen Gefäfse durch einströmendes Sauerstoffgas ausgetrieben wurde, das andere Mal nafs, indem die Füllung beider Gefäfse mit atmosphärischer Luft und Sauerstoffgas unter Wasser vorgenommen wurde. Es wurden dann beide Gläser gleich lang und zu gleicher Zeit der Insolation ausgesetzt. Als sie hierauf in's Kabinet gebracht wurden, konnte kein Unterschied hinsichtlich der Stärke ihrer Phosphorescenz an ihnen wahrgenommen werden. Derselbe Versuch wurde mit gelb leuchtendem bononischen Phosphor angestellt. Auch dieser gab dasselbe Resultat.

Ueber die Zusammensetzung dieser Phosphore, welche durch Glühen gebrannter Austerschalen mit Schwefel, Schwefelantimon oder Realgar erhalten werden, kann wohl nach dem jetzigen Standpunkt unserer chemischen Kenntnisse kein Zweifel seyn. Sie sind als Verbindungen von Calcium mit Schwefel, oder Schwefelantimon oder Realgar, denen schwefelsaurer Kalk beigemischt ist, zu betrachten. Was hingegen den bononischen Phosphor betrifft, welcher durch Glühen von mit Traganthschleim angemachten Massen von schwefelsaurem Baryt erhalten wird, so kann die Frage entstehen, ob er reiner Schwefelbarium sey, oder ob er nicht aus den Bestandtheilen des Traganths Kohlenstoff aufgenommen habe. Jedermann sieht ein, dafs, wenn er wirklich nur Schwefelbarium ist, auch vermittelst Wasserstoffgas aus schwefelsaurem Baryt dargestelltes Schwefelbarium die Eigenschaft

haben müsse, durch Insolation zu phosphoresciren. Hierüber entschied nun folgender Versuch.

Es wurden 2,2560 Grammen schwefelsaurer Baryt, erhalten durch Fällung von salzsaurem Baryt mit schwefelsaurem Kali, abgewogen. Diese wurden in eine Glaskugel in Mitten einer Glasröhre gebracht, und unter starker Erhitzung, mittelst einer Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge, Wasserstoffgas darüber geleitet. Es bildete sich Wasser, und die Masse verminderte ihr Volumen. Sie war etwas zusammengesintert, und da, wo sie das Glas berührte, an dasselbe angebacken. Ihre Farbe war unverändert, nur sah sie da, wo sie das Glas berührte, schwach röthlichgelb aus. Sie phosphorescirte besonders an den Stellen, welche am Glas angebacken waren, stark mit rothem Licht. Sie wurde noch warm gewogen. Ihr Gewicht war 2,070. Mit möglichster Vorsicht wurde sie aus der Kugel herausgenommen und in einem Achatmörser gerieben. Nachdem diefs geschehen war, wurde das Pulver in die Glaskugel gebracht, und nochmals, wie früher, Wasserstoffgas bei starker Erhitzung darüber geleitet. Die Masse erlitt im Aeufsern keine Veränderung. Sie wurde noch warm gewogen, und ihr Gewicht zu 2,0610 Grm. gefunden. Man sieht, dafs, in Berücksichtigung der Unmöglichkeit, diese Operationen ganz ohne Verlust auszuführen, die Zersetzung des schwefelsauren Baryts durch Wasserstoffgas seine Gränze erreicht hatte. Das Pulver war zusammengebacken, sah im Aeufsern noch eben so aus, wie vorher, roch stark nach Schwefelleber, phosphorescirte sehr gut, aber nicht mehr mit rothem, sondern mit gelbem Lichte.

Um diese erhaltenen Resultate zu berechnen, war noch die hygroskopische Feuchtigkeit des angewandten schwefelsauren Baryts zu bestimmen. Diefs geschah. Sie wurde im Mittel aus zwei Versuchen zu 2,06 Proc. gefunden. Ziehen wir nach diesem Verhältnifs die Menge der hygroskopischen Feuchtigkeit von 2,2560 ab, so er-

halten wir 2,2075, und berechnen wir jetzt, indem wir die Proportion ansetzen:

$$4\,\dddot{S}\,\dot{B}r : 3\,\dddot{S}\,\dot{B}r + S\,Br = 2{,}2075 : x,$$

so erhalten wir für x die Zahl 2,0560, welche mit dem durch den Versuch erhaltenen Resultate 2,0610 als identisch angenommen werden kann.

Es ist demnach das Schwefelbarium selbst, welches die Eigenschaft hat zu phosphoresciren.

Das Resultat, welches ich bei diesem Versuche hinsichtlich der Farben erhielt, womit er phosphorescirt, stimmt ganz mit dem überein, das sich wie bei meiner ersten Bearbeitung dieser Erscheinungen ergab. Als ich nämlich Stücke von thönernen Pfeifen, auf welche eine Masse von Tragantbschleim und schwefelsaurem Baryt aufgetragen war, eine halbe Stunde lang in einem hessischen Tiegel glühte, erhielt ich in den um die Röhrenstücken sitzenden Krusten bononische Phosphore, welche auf der äufseren Seite mit rothem Licht, auf der inneren mit bläulichem leuchteten. Wurde hingegen unter denselben Umständen die Masse längere Zeit geglüht, so erhielt ich einen gelb leuchtenden Phosphor.

Als allgemein gültig für die Erscheinungen der Phosphorescenz will ich hier die Bemerkung einfliefsen lassen, dafs man sie unterscheiden mufs in starkes Leuchten mit Farbe, welches sogleich nach der Insolation eintritt, und in ein schwaches farbloses Leuchten, welches nach diesem folgt, oder auch entsteht, wenn die Isolation bei mattem Licht zur Zeit der Dämmerung geschieht.

Die erste Frage, ob die Phosphorescenz eine Verbrennung sey, dürfte, den vorliegenden Versuchen zufolge, mit Nein zu beantworten seyn, wobei ich noch hinzufügen will, dafs auch nach früheren Versuchen, welche ich angestellt habe, so wie nach denen anderer Physiker, die Phosphore eben so gut in mit Wasserstoffgas erfüllten Räumen leuchten, als in atmosphärischer Luft.

Wir kommen jetzt zu den beiden andern Fragen. Die Ansichten, welche ihnen zu Grunde liegen, wollen wir durch die Namen, Absorptions- und Erregungstheorie von einander unterscheiden. Die erste Theorie läfst eine Unterscheidung zu, deren Erörterung hier ihren geeignetsten Ort findet. Es frägt sich, ist die Phosphorescenz eine langsame Reflexion des auffallenden Lichtes, oder ist sie eine Ausstrahlung des empfangenen Lichtes im Dunkeln, d. h. in einem Raum, welcher arm am Lichte ist. In diesem Fall würde ein phosphorescirender Körper sich so verhalten, wie ein erwärmter Körper, welcher in einen kälteren Raum gebracht wird. Rücksichtlich dieser Frage ist ein von mir angestellter Versuch entscheidend. In der einen Wand des dunkeln Kabinets wurde eine Pappröhre von 1 Fufs Länge und 2 Linien Durchmesser dergestalt eingesetzt, dafs Tageslicht durch die Röhre einfallen konnte. Hielt ich ein Stück weifses Papier gegen die Oeffnung der Röhre, so konnte deutlich ein weifser Fleck von der Gröfse der Oeffnung wahrgenommen werden. Es wurden nun Phosphoren, nachdem sie durch Bestrahlung zur Phosphorescenz gebracht worden waren, gegen die Oeffnung der Röhre gehalten. Da, wo das Tageslicht auf sie fiel, entstand jetzt ein weifser Fleck, während ringsumher der Phosphor mit seinem farbigen Lichte leuchtete. Wurde hingegen das Kabinet so gestellt, dafs nur schwaches, von einer Wand des Zimmers reflectirtes Tageslicht in's Kabinet gelangte, jedoch noch immer von solcher Stärke, dafs auf einem weifsen, der Oeffnung gegenübergehaltenen Papier, ein Lichtfleck wahrnehmbar wurde, so konnte, wenn die Phosphore, während des Phosphorescirens, dagegen gehalten wurden, keine erleuchtete weifse Stelle wahrgenommen werden. Der Grund dieses Verhaltens der Phosphore ist leicht einzusehen. Im ersten Versuche überstrahlte das Tageslicht das Leuchten der Phosphore, und das Auge war nun nicht mehr empfänglich,

das Leuchten und die Farbe der Phosphore wahrzunehmen. Im zweiten Versuche war die Intensität des Lichtes der Phosphore stärker, als die des Tageslichtes, und diefs bewirkte, dafs der Reflex des Tageslichtes nicht wahrgenommen werden konnte.

Die Phosphore fangen also nicht erst zu leuchten an, wenn sie in's Dunkle kommen, sondern sie leuchten schon mit dem ihnen eigenen farbigen Lichte im Tageslicht, welches Leuchten jedoch wegen Stärke des Tageslichtes nicht wahrgenommen wird. Von der Richtigkeit dieses Satzes kann man sich bei stark leuchtenden Phosphoren auch noch leicht auf folgende Weise überzeugen. Man halte eine Schale, gefüllt mit solchen Phosphoren, nachdem man sie durch Insolation zur Phosphorescenz gebracht hat, in das Halbdunkel eines Zimmers, und man wird sie sogleich phosphoresciren sehen.

Es kommt ihnen daher die sonderbare Eigenschaft zu, zu gleicher Zeit zweifaches Licht zu reflectiren, wobei noch der Umstand bemerkungswerth ist, dafs das phosphorische Licht weifs gefärbt ist, während der Reflex des Tageslichtes meist ungefärbt ist.

Wir wollen jetzt die Thatsachen zusammenstellen, welche für die Absorptionstheorie sprechen.

1) Setzt man Phosphore in Pulverform der Bestrahlung aus, und bringt sie dann in's dunkle Kabinet, so findet man nur ihre äufserste Oberfläche phosphorescirend. Fährt man mit einem festen Körper durch das Pulver, wodurch die obenauf liegenden Pulvertheilchen auf die Seite geschoben werden, so gewahrt man sogleich einen dunkeln Streifen. Läfst man ferner durch eine Oeffnung im Kabinet einen Lichtstrahl auf Phosphorpulver fallen, doch so, dafs nur ein Theil beleuchtet wird, so wird man, sobald die Oeffnung verschlossen wird, auch nur den vom Lichte beschienenen phosphoresciren sehen.

2) Alle vorzüglich leuchtenden Phosphore sind weifs,

gehören also zur Klasse der Körper, welche, unserer Theorie vom Lichte gemäfs, auffallende Lichtstrahlen unverändert zurückgeben. Nur wenige Phosphore, wie der Flufsspath, sind gefärbt, doch ist ihr Leuchten, zum Wenigsten nach den Beobachtungen, welche ich habe anstellen können, bei weitem nicht so stark, als das der künstlichen weifsen Phosphore. Der bononische Phosphor, der durch Glühen von Pasten von Traganthschleim und schwefelsaurem Baryt erhalten wird, ist nicht weifs, sondern gräulich oder gelblich. Man gewahrt jedoch deutlich, dafs er nicht an allen Stellen leuchtet, sondern nur an denen, welche hell von Farbe sind. Der durch Reduction mit Wasserstoffgas erhaltene ist hingegen weifs, leuchtet in allen seinen Theilen, und, wie es mir scheint, stärker als der auf gewöhnliche Weise dargestellte. Nach der grofsen Menge von weifsen Körpern, welche die Eigenschaft haben zu phosphoresciren, zu welchen auch weifses Papier zu rechnen ist, ist es nicht unwahrscheinlich, dafs alle weifse Körper in einem gewissen Grade phosphorescirend sind.

3) Eine polirte Marmortafel phosphorescirt schwächer, als ein Stück Marmor auf frischem Bruch. Diese Thatsache scheint im ersten Augenblick der Ansicht, dafs die Phosphorescenz in einer Reflexion des empfangenen Lichtes bestehe, nicht günstig zu seyn, ist es aber in der That, denn offenbar mufs die Wiedergabe des Lichtes dadurch etwas aufgehalten werden, dafs die Unebenheiten auf dem frischen Bruche nur eine unregelmäfsige Reflexion zulassen.

4) Die Austreibung des Lichtes der Phosphore bei erhöhter Temperatur, und die Thatsache, dafs sie bei höherer Temperatur durch Insolation nicht phosphorescirend werden. Setzt man frisch bereitete, noch ganz heifse Phosphore der Insolation aus, und bringt sie dann in's Dunkle, so phosphoresciren sie wenig oder gar nicht. Nur erst in dem Maafse, als sie erkalten, werden sie fähig

durch Insolation zu phosphoresciren. Setzt man sie bei niederer Temperatur der Insolation aus, und bringt man sie dann in einen erwärmten Raum, oder legt man sie auf die Hand, so phosphoresciren sie vorzüglich gut. — Diese Erscheinungen lassen sich offenbar am einfachsten aus der Annahme, dafs das Licht ein Fluidum sey, welches von den Phosphoren absorbirt werde, erklären. Als Flüssigkeit mufs es durch Wärme expansibel seyn, und man begreift nun, wie erhitzte Körper auf die Theile des Lichtes durch Wärmeausstrahlung zurückstofsend wirken müssen. Eben so sieht man ein, dafs kalt insolirte Phosphore in erwärmten Räumen stärker leuchten müssen, als wenn diese dieselbe Temperatur haben, wie die, in welcher sie insolirt wurden.

5) Besonders günstig, ja man kann sagen, bis zu einem gewissen Punkt entscheidend sind Versuche, welche ich bei meiner ersten Bearbeitung dieses Gegenstandes angestellt habe. Die theoretische Wichtigkeit derselben veranlafste mich, sie nochmals zu wiederholen. Ich gelangte bei Wiederholung derselben, wie ich erwartete, zu demselben Resultat wie früher. Die Thatsache, dafs das Licht durch Wärme aus ihnen ausgetrieben werden könne, führte mich hauptsächlich zur Anstellung derselben. Es wurden Phosphore durch Glühen von gebrannten Austerschalen mit Schwefel, Realgar und Schwefelantimon auf angegebene Weise in bedeckten irdenen Tiegeln bereitet. Sie wurden hierauf noch verschlossen in's dunkle Kabinet gebracht und daselbst erst geöffnet. Die Phosphore wurden herausgenommen, und, nachdem sie völlig erkaltet waren, erwärmt. Ich bediente mich zur Erwärmung bis zum Kochen erhitzten Wassers, welches unter einem Vorhang in's Kabinet dergestalt gereicht wurde, dafs kein Licht eindringen konnte. Die Phosphoren wurden nun in das kochende Wasser geworfen. Sie zeigten nun bei der Temperaturerhöhung, welche sie jetzt erfuhren, nicht die geringste Lichtent-

wicklung. Wurden hingegen Phosphore, welche einmal der Insolation ausgesetzt gewesen waren, und welche seit geraumer Zeit im Dunkeln aufbewahrt worden waren, an welchen längst schon keine Spur von Phosphorescenz im Dunkeln mehr wahrgenommen wurde, in Wasser von derselben Temperatur gebracht, so leuchteten sie auf der Stelle, und zwar mit dem einem jeden eigenen Lichte, der Schwefelphosphor mit gelbem, der Realgarphosphor mit blauem, und der Schwefelantimonphosphor mit grünem Lichte. Ist aber einmal durch Wärme das Licht aus ihnen ausgetreten, so können sie durch gleich starke Erwärmung nicht wieder leuchtend gemacht werden, es sey denn, dafs sie vorher wieder insolirt worden wären.

Der erste der hier angeführten Versuche beweist, dafs die Phosphore kein eigenes Licht enthalten, denn sonst hätten sie beim Erwärmen phosphoresciren müssen. Sie empfangen ihr Licht also erst durch Insolation. Und der zweite Versuch zeigt, dafs sie nur einen Theil des Lichtes beim Phosphoresciren im Dunkeln ausgeben, einen andern zurückhalten, den sie beim Erwärmen entweichen lassen. Der dritte Versuch belehrt uns endlich, dafs die Phosphore durch Erwärmen nicht die Eigenschaft verlieren, von Neuem bei Insolation Licht aufnehmen zu können.

Als Thatsachen, welche zu Gunsten der Erregungstheorie sprechen, können folgende aufgeführt werden.

1) Man bemerkt nicht, dafs die Phosphore um desto stärker leuchten, je länger sie der Insolation ausgesetzt waren. Eine augenblickliche Bestrahlung wirkt eben so viel, als eine, eine Zeit lang dauernde. Doch mufs ich bemerken, dafs schwaches Tageslicht, wie es zur Zeit der Dämmerung ist, auch nur eine schwache Phosphorescenz, und dann meistens ohne Farbe hervorbringt.

2) Es ist eine bekannte Thatsache, dafs die Phosphore nie mit demselben Licht leuchten, womit sie bestrahlt wurden. Künstliche sowohl als natürliche, welche

man farbigem prismatischen Licht aussetzt, leuchten stets mit ihrem eigenen farbigen Licht, und nicht mit dem, womit sie bestrahlt wurden. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man sie durch Licht, welches durch farbige Gläser gegangen ist, bescheinen läſst.

3) Es ist von einigen Physikern beobachtet worden, daſs blaue und violette Lichtstrahlen verhältniſsmäſsig stärker als andere die Phosphorescenz hervorrufen, und daſs orange und rothe Lichtstrahlen in gleichem Grade unwirksam seyen, indeſs der rothe Lichtstrahl, wie Seebek gefunden hat, eine die Phosphorescenz erlöschende Kraft besitze. Diesen Thatsachen zufolge würde die Erregung der Phosphorescenz nicht sowohl von der Intensität des farbigen Lichtes, sondern von der Natur der Farbe abhängen.

Jedermann sieht ein, daſs die unter 2 und 3 angeführten Versuche sehr bestimmt für die Erregungstheorie sprechen, und daſs — sollten sie sich wirklich bestätigen — hierdurch nachgewiesen wäre, daſs die Absorptionstheorie, wenigstens nicht in der einfachen Gestalt, in welcher sie bisher aufgefaſst worden ist, angenommen werden könne. Die vorhandenen Versuche sind zu unvollständig, um aus ihnen eine bestimmte Folgerung ziehen zu können. Denn erstlich sind Versuche mit farbigem prismatischen Lichte nicht zulässig, weil diese Lichtstrahlen zugleich erwärmend, und zwar mit verschiedenen Temperaturgraden wirken, und hierdurch Phosphorescenz durch Wärme hervorgebracht werden kann. Zweitens wurde die Intensität des Lichtes der farbigen Strahlen im Voraus nicht bestimmt, wodurch eine Vergleichung der Wirkungen der verschiedenen farbigen Strahlen unmöglich wird. Zu den Versuchen, welche ich hier mittheilen werde, bediente ich mich farbiger Gläser. Sie wurden, um Erwärmung möglichst zu vermeiden, mit gewöhnlichem Tageslicht bei bedecktem Himmel am Ende Februar dieses Jahres angestellt. Diese Gläser, welche

von ganz besonderer Schönheit und Reinheit sind, hatte ich durch den Freiherrn von Bibra, welcher mit wahrem Fleifse den Wissenschaften obliegt und sämmtlichen Versuchen theilnehmend beiwohnte, erhalten. Da die Stücke nicht gleich grofs waren, so wurden sie in vierseitige Pappscheiben, in welche Oeffnungen von der Gröfse derselben geschnitten waren, eingelassen, und darin befestigt. Die Glasscheiben machten jetzt mit der Pappe eine Ebene aus.

Die erste Untersuchung, welche ich vornahm, war, die Lichtstärke dieser farbigen Gläser zu bestimmen, oder auszumitteln, wie grofs die Menge der Lichtstrahlen sey, welche bei gleicher Beleuchtung jedes dieser Gläser hindurchläfst.

Ueber die Menge der Lichtstrahlen, welche verschiedene durchsichtige Körper hindurchlassen, besitzen wir bereits eine Reihe von Versuchen von dem berühmten Herschel. Ich war daher Willens zu meinem Vorhaben mich desselben Verfahrens zu bedienen, welches er anwandte. Seine Untersuchung, so wie die Beschreibung seines Apparats, den er zu den Versuchen gebrauchte, befindet sich in dies. Ann. (1803) Bd. XII S. 522. Ich verweise hierauf den Leser, und will hier nur bemerken, dafs sein Verfahren darin besteht, durch zwei Oeffnungen nach zwei weifsen beweglichen und durch eine Lampe erleuchteten Brettern zu sehen, von welchen die eine mit dem durchsichtigen Körper, dessen Lichtstärke gemessen werden soll, bedeckt ist. Die beiden Bretter werden dann so lange hin und her gerückt, bis die Lichtstrahlen, welche durch die unbedeckte Oeffnung hindurchgehen, und die, welche durch das durchsichtige Mittel gehen, gleichen Lichteindruck im Auge hervorbringen. Wie die Quadrate dieser Abstände vom Beleuchtungspunkt, ver-

halten sich nun die Mengen der Lichtstrahlen, welche unter diesen Umständen in's Auge gelangen.

Bei den Versuchen, welche ich mit diesem Apparat anstellte, kam ich sehr bald zu der Ueberzeugung, daſs die Resultate, welche man damit erhält, nur von sehr genähertem Werthe sind. Der Eindruck, den ein farbiges Glas im Auge macht, ist nicht geradezu dem Reflex einer weiſsen Fläche gleich zu stellen. Sieht man durch hellgelbes Glas hindurch, so erscheinen die Gegenstände heller und wie erleuchtet, obgleich die Menge der Lichtstrahlen, welche jetzt in's Auge fallen, geringer ist, als bei unmittelbar auffallendem Lichte. Dieſs verursacht, daſs das Urtheil über Gleichheit oder Ungleichheit der Lichtstärke unsicher wird. Es ist mir nicht gelungen, mittelst dieses Apparats, bei einer Entfernung von 4 Fuſs des einen Brettes von dem andern, innerhalb einer geringeren Gränze, als die eines halben Fuſses, ein mich befriedigendes Urtheil über die Lichtstärke fällen zu können. Denselben Fehler muſs auch das neuerdings von Ritchie angegebene Photometer unterworfen seyn, bei welchem aus der Erleuchtung transparenter Flächen auf die Gleichheit oder Ungleichheit der Lichtintensität lichtverbreitender Körper geschlossen wird.

Ich war hierdurch veranlaſst ein neues Photometer auszudenken, und es ist mir geglückt ein solches zu erfinden, welches, wie der Leser sich leicht überzeugen wird, bei Weitem genauere Resultate giebt. Das Princip, auf welches dieſs Photometer sich gründet, ist sehr einfach, und kein anderes, als daſs der Lichteindruck, den man erhält, wenn man eine erleuchtete Fläche durch eine Röhre ansieht, bei einer gewissen Entfernung ganz verschwindet. Jedermann sieht ein, daſs die Entfernungen von der erleuchteten Fläche um so gröſser genommen werden müssen, je intensiver das Licht ist, welches von derselben reflectirt wird. Die Quadrate dieser Entfernungen geben uns dann das Verhältniſs der Lichtstärke der verschiedenen lichtreflectirenden Flächen.

Mit Hülfe der, der Abhandlung beigegebenen Figur wird man sich leicht durch folgende Beschreibung von der Einrichtung dieses Photometers unterrichten können. Der Apparat (Fig. 21 Taf. I) besteht aus zwei Stücken, einem feststehenden und einem beweglichen tragbaren. Auf einem Meſstisch, dessen Tafel ungefähr 1 Fuſs in's Gevierte Oberfläche haben möge, wird ein Brett von etwa gleicher Gröſse vertical an einer Seite befestigt. Man denke sich durch eine Linie, welche von oben nach unten gezogen werde, das Brett in zwei Hälften halbirt. In der Mitte der einen dieser Hälften sey ungefähr $\frac{2}{3}$ von unten eine Oeffnung von 3‴ Durchmesser angebracht. In diese wird eine Pappröhre von 1 Fuſs Länge horizontal eingesteckt. Vor dem Brette wird eine Lampe (ich habe mich hierzu einer Löthrohrlampe, so wie sie Berzelius angegeben hat, bedient) aufgestellt. Auf der unteren Fläche des Tisches wird ein Bleiloth gerade unter der Flamme der Lampe aufgehängt. Gerade unter dem Lothe wird auf der Diele des Zimmers mit Kreide eine gerade Linie gezogen, und auf diese eine Eintheilung nach Fuſsen getragen, deren Anfangspunkt unter dem Lothe sich befindet. Zur Messung kleinerer Gröſsen diente mir ein Maaſsstab von 1 Fuſs Länge, welcher in 10 Theile eingetheilt war. Diesem Theil des Apparats gegenüber befindet sich auf einem tragbaren Stativ eine weiſse Tafel, welche längs der auf der Diele verzeichneten Linie genähert und entfernt werden kann. Um Lichtreflex zu vermeiden, sind alle Theile des Apparats, mit Ausnahme der Tafel, schwarz angestrichen.

Versuche mit diesem Apparate können nur zur Nachtzeit und in groſsen geräumigen Sälen vorgenommen werden. Vorzüglich gut eigneten sich zur Anstellung derselben die groſsen Säle, in welchen die Sammlung physikalischer Instrumente der hiesigen Universität aufgestellt ist. Ich begann meine Versuche damit, auszumitteln, wie weit man mit der weiſsen Tafel zurückgehen müsse, um

den Lichteindruck, den das Auge beim Durchsehen durch die Röhre nach der weifsen Tafel erhält, völlig verschwinden zu machen. Bei diesem ersten Versuche ergab sich mir der merkwürdige Umstand, dafs bei einer gewissen Entfernung, bei welcher ein nur äufserst schwacher Lichtschimmer in's Auge fiel, ein noch weiteres Entfernen der Tafel diesen nicht schwächte. Als ich über diese Erscheinung nachdachte, fand ich bald den Grund derselben auf. Die Luft ist fortwährend mit feinen Staubtheilchen erfüllt; diese werden durch das Lampenlicht erleuchtet, und der Lichtreflex dieser ist es, welcher den schwachen Lichtschimmer im Auge hervorbringt. Von der Richtigkeit dieser Ansicht überzeugte ich mich, als ich die weifse Tafel aus der Gesichtslinie brachte. Es fand jetzt kein Unterschied in der Stärke des Lichtschimmers statt, was der Fall hätte seyn müssen, wenn er von einem schwachen Reflex der Tafel hergerührt hätte. Dieser Umstand kann Unrichtigkeiten in den Bestimmungen hervorbringen. Durch ein Verfahren, welches man sogleich erfahren wird, lassen sich jedoch die hieraus entspringenden Irrthümer vollkommen vermeiden.

Nothwendig zur Anstellung dieser Versuche ist es, dafs zwei zugleich damit beschäftigt sind. Der Eine sieht durch die Pappröhre, während der Andere mit der weifsen Tafel sich nähert oder entfernt. Indem nun der Eine durch die Pappröhre sieht und der Andere mit der Tafel zurückgeht, wird der Lichteindruck, den der Erste empfängt, immer schwächer. Ist die Tafel so weit entfernt, dafs ihm der Lichtschimmer nicht mehr Reflex der Tafel zu seyn scheint, so läfst er die Tafel aus der Gesichtslinie bringen, und erfährt nun, ob der Lichteindruck schwächer wird. Ist diefs der Fall, so mufs die Tafel noch weiter entfernt werden. Diefs wird nun so lange fortgesetzt bis kein Unterschied mehr wahrgenommen werden kann, die Tafel mag in der Gesichtslinie seyn oder nicht. Erreicht man sogleich anfänglich diesen Punkt, so

mufs die Tafel näher gebracht werden, da es möglich ist, dafs sie zu weit entfernt war. Ist der Punkt gefunden, von welchem aus ein Annähern der Tafel den Lichteindruck verstärkt und ein Entfernen ihn nicht schwächt, so hat man nur noch nöthig die Entfernung der Tafel vom Erleuchtungspunkt auf der auf der Diele verzeichneten Linie zu messen.

Diefs vorausgeschickt, wird man leicht einsehen, wie mittelst dieses Apparats die Lichtstärke verschiedener farbiger Gläser bestimmt wird. Sie wurden einzeln vor die Oeffnung der Röhre gebracht, und hierauf die weifse lichtreflectirende Tafel so weit entfernt, bis der oben erwähnte Punkt des gänzlichen Verschwindens des Lichtreflexes der Tafel gefunden war. Die verschiedenen Abstände zum Quadrat erhoben, geben die Verhältnisse der Lichtstärken der Gläser oder die Verhältnisse der Lichtmengen, welche unter diesen Umständen in das Auge des Beobachters gelangen.

In folgender Tabelle sind die Resultate dieser Versuche enthalten. Ich bemerke hinsichtlich derselben noch, dafs die zweite Reihe die Resultate von Versuchen enthält, welche in einem andern Locale vorgenommen wurden. Es geschah diefs, um möglichen Irrungen, welche durch den Reflex der Wände des Sales entstehen konnten, auszuweichen.

Photometrische Resultate über die Lichtstärke verschiedener farbiger Gläser.

	Entfernungen der weißen Tafel vom Erleuchtungspunkt in Par. Fußen.	
	Erste Reihe von Versuchen.	Zweite Reihe von Versuchen.
1) Bei unbedeckter Oeffnung zu Anfang der Versuche bestimmt	56,1	50,2
2) Hellgrünes Glas	42,7	42,9
3) Hellblaues Glas	41,0	41,6
4) Weißes Tafelglas von 1‴⅓ Stärke	38,3	40,9
5) Hellgelbes Glas	35,6	35,3
6) Blaues, von mittlerer Tinte	33,1	32,6
7) Orange, von ungefähr gleicher Farbenintensität	21,8	21,0
8) Violettes, von zieml. dunkler Färbung	15,8	15,5
9) Rothes von mittlerer Färbung	9,85	10,0
10) Bei unbedeckter Oeffnung zu Ende der Versuche bestimmt	56,3	53,3

Aus der Zusammenstellung der Ergebnisse dieser photometrischen Versuche, welche in verschiedenen Localen angestellt wurden, sieht man, daſs, wenn man die verhälnifsmäſsig groſsen Entfernungen berücksichtigt, die erhaltenen Zahlenwerthe gut mit einander übereinstimmen. Man wird ohne Uebertreibung annehmen können, daſs bei einer Entfernung von 36′ die Unsicherheit in den Bestimmungen höchstens einen halben Fuſs betrage. Demnach giebt dieſs Verfahren eine 9 Mal gröſsere Genauigkeit als das Herschel'sche.

Um aus diesen Zahlen die Lichtintensitäten zu berechnen, wurden aus ihnen zuvörderst die arithmetischen Mittel genommen und diese zum Quadrat erhoben. Hierauf wurde das Quadrat der Zahl, welche die Lichtstärke

bei unbedeckter Oeffnung angiebt, gleich 1000 gesetzt, und nach dieser die übrigen erhaltenen Zahlen in Proportion gebracht. Die berechneten Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

	Mengen der durchgegangenen Strahlen.	Mengen der zurückgehaltenen Strahlen.
1) Hellgrünes Glas	630	370
2) Hellblaues Glas	601	399
3) Tafelglas	539	461
4) Gelbes Glas	431	569
5) Blaues Glas	370	630
6) Orange Glas	155	845
7) Violettes Glas	81	919
8) Rothes Glas	34	966

Es ist ein merkwürdiger Umstand, dafs Tafelglas eine geringere Lichtstärke zeigte als hellgrünes und hellblaues Glas.

Dafs diefs Photometer ebenfalls angewendet werden kann, um die Lichtstärke verschiedener Flammen zu bestimmen, so wie um die Stärke des Lichtreflexes erleuchteter farbiger Flächen auszumitteln, braucht wohl hier nicht auseinandergesetzt zu werden.

Ich komme jetzt zur Erzählung der Resultate, welche mir die Phosphore gegeben haben, als ich sie im verschlossenen Raume der Einwirkung vom Lichte, welches durch die farbigen Gläser gefärbt war, aussetzte. Zu diesen Versuchen bediente ich mich eines flachen, oben offenen hölzernen Kastens (Fig. 23 Taf. I), welcher mit den Pappscheiben, welche die farbigen Gläser enthalten, wie mittelst eines Schiebers verschlossen werden konnte. In der Mitte des Bodens des Kastens konnte ein kleines, oben offenes Kästchen von Pappe befestigt werden. Diefs diente dazu, die Phosphore aufzunehmen, welche nun, nachdem die Pappscheibe eingeschoben war, der Insolation ausgesetzt wurde. Da die farbigen Glasscheiben nicht

gleich grofs waren, so wurde auf den Schieber eine Pappscheibe gelegt, welche in der Mitte einen vierseitigen Ausschnitt hatte. Auf diese Weise wurde bewirkt, dafs die erleuchtete Glasfläche, durch welche Licht in den Kasten gelangte, bei allen gleich grofs war.

Die Phosphore wurden in Pulverform angewendet. Die Zeit der Insolation war bei jedem eine halbe Minute. Nach Verlauf dieser Zeit wurde der Kasten in's dunkle Kabinet hineingezogen, der Schieber geöffnet und die Stärke der Phosphorescenz beurtheilt. Die Resultate der Versuche sind in nebenstehender Tabelle zusammengestellt.

Vergleicht man die in dieser Tabelle enthaltenen Beobachtungen mit einander, so ergeben sich folgende allgemeine Resultate aus ihnen.

1) Die Stärke der Phosphorescenz steht in keinem Verhältnifs zu der Menge der durch die farbigen Gläser gegangenen Lichtstrahlen. Diese Thatsache springt am deutlichsten in die Augen bei der Wirkung des violetten Glases. Dieses Glas, dessen Lichtstärke nur 81 ist, erregt die Phosphorescenz in einem stärkeren Grade, als hellgrünes und hellgelbes Glas, deren Lichtstärke 630 und 431 ist.

2) Sie phosphoresciren nicht mit dem Lichte, mit welchem sie beschienen werden. Selbst der weifse Phosphor, bei welchem, im Fall ein solches Verhalten der Phosphore zu dem auffallenden Lichte stattfände, verschieden gefärbt hätte erscheinen müssen, phosphorescirt stets nur mit weifsem Lichte.

3) Die Wirkungen der farbigen Gläser auf die hier in Anwendung gebrachten Phosphore ist im Ganzen gleichmäfsig. Ausnahmen machen der rothe Phosphor, welcher unter dem hellblauen Glas etwas stärker leuchtet, als unter dem blauen, und der weifse und grüne, welche unter dem gelben Glase stärker leuchten, als unter dem grünen.

(Zu Seite 424.)

Dar[...]edener künstlicher Phosphore du[...] Gläser gefärbt worden sind.

Von 100	Weifser Phosphor.	Schwefelquecksilber-Phosphor.
Tafelgl[...]	Ohne dafs ein merklicher Unterschied des Leuchtens mit dem bei unmittelbarer Bestrahlung stattfindet.	Verhält sich wie der vorige.
Blaues [...]	Von gleicher Stärke als unter dem Tafelglas.	Leuchtet wie unter dem Tafelglas.
Hellbla[...]	Von gleicher Stärke wie unter dem blauen Glas.	Leuchtet eben so stark wie unter dem blauen.
Violett[...]	Schwächer als unter dem vorigen.	Etwas schwächer als die unter dem hellblauen.
Hellgrü[...]	Leuchtet schwächer als unter dem violetten.	Merklich schwächer als unter dem violetten.
Hellgel[...]	Stärker leuchtend als unter dem grünen Glas.	Stärker als unter dem grünen, nur wenig schwächer als unter dem violetten.
Orang[...]	Kaum noch eine Spur wahrnehmbar.	Sehr schwach, fast unmerklich.
Rothes	Ganz dunkel.	Ganz unmerklich leuchtend.

4) Deutlich geht hervor, dafs die blauen und violetten Strahlen am stärksten die Phosphorescenz erregen; die orange und rothen am schwächsten. Besonders auffallend ist die starke Wirkung der violetten Strahlen bei der verhältnifsmäfsig geringen Lichtstärke des Glases.

Zu diesen allgemeinen Ergebnissen, welche als Bestätigungen der Erregungstheorie anerkannt werden müssen, will ich noch einen Versuch hinzufügen, welcher eben so einfach als beweisend für diese Theorie ist. Man lege ein Stückchen weifses Papier in den oben beschriebenen Kasten, und verschliefse ihn durch Zuschieben der Pappscheibe, welche das violette Glas enthält. Sieht man jetzt auf die Pappscheibe, so gewahrt man kaum einen matten Schimmer vom weifsen inliegenden Papier. Legt man hingegen an die Stelle des weifsen Papiers einen der stark leuchtenden Phosphore, und bringt ihn durch Insolation zur Phosphorescenz, so erblickt man ihn sehr deutlich durch das violette Glas hindurch leuchtend. Da nun aber ein Körper nicht mehr Licht wiedergeben kann, als er empfing, so müfste, wäre die Phosphorescenz eine blofse Reflexion des Lichtes, der Phosphor unter dem violetten Glas eben so dunkel erscheinen, als das weifse Papier.

Wie soll man nun aber diese Thatsachen, welche so entscheidend für die Erregungstheorie sprechen, mit der früher erwähnten in Uebereinstimmung bringen, nach welcher durch Wärme kein Licht aus ihnen entwickelt werden kann, wenn sie nicht vorher insolirt wurden? Ich glaube auf folgende Weise. Allerdings sind diese Phosphore als Lichtsauger zu betrachten. Sie nehmen, wenn sie dem Lichte ausgesetzt werden, eine gewisse Menge davon auf. Einen Theil geben sie wieder aus, und hierin besteht die Phosphorescenz; einen andern halten sie inniger gebunden, und dieser ist es, welcher erst durch Wärme aus ihnen austreibbar ist. Die Erregung der Phosphorescenz durch verschieden farbiges Licht, wel-

che nicht im Verhältniſs der Menge der auffallenden Lichtstrahlen steht, erklärt sich nun folgendermaſsen. Nicht das Licht, welches sie, befindlich hinter farbigen Gläsern, empfangen, ist es, womit sie im Dunkeln phosphoresciren, sondern das bereits in ihnen befindliche wird durch die Einwirkung der verschieden farbigen Strahlen in ihnen entwickelt. Daſs der blaue und violette Strahl stärker wirkt, als die andern, ist eine Eigenthümlichkeit dieser. Daſs die Phosphore nicht mit dem Lichte leuchten, womit sie bestrahlt werden, hat nun nichts Widersprechendes mehr, denn es ist das früher empfangene, womit sie phosphoresciren.

Dieſs wäre die Ansicht, welche, wie mir scheint, noch am meisten geeignet ist, die vorhandenen Thatsachen in einem Gedanken zu vereinigen. Nicht zu übersehen ist jedoch, daſs diese Untersuchung nur erst Beobachtungen, gesammelt am äuſsersten Umring dieser Klasse von Erscheinungen, enthält, von dessen Mittelpunkt wir noch weit entfernt seyn dürften.

XLII. *Beobachtungen der magnetischen Variation in Göttingen und Leipzig, am* 1. *und* 2. *October* 1834; *von C. F. Gauſs.*

Die in meinem Aufsatze über das hiesige magnetische Observatorium erwähnten Beobachtungen der magnetischen Variation an den verabredeten Tagen sind seitdem hier noch zwei Mal angestellt, am 6. und 7. August, und am 23. und 24. September. Im ersten Termin kamen recht starke und merkwürdige Anomalien vor, und es ist daher um so mehr zu bedauern, daſs zufällige Ursachen die Anstellung correspondirender Beobachtungen an anderen Orten gehindert haben. Die September-Beobachtungen sind hingegen ganz vollständig auch in Leipzig und

Berlin, und beinahe vollständig in Braunschweig angestellt; aufserdem auch zur Hälfte in Copenhagen, wo durch Versehen der 24 und 25 September anstatt des 23. und 24. genommen wurden. Die vollständige Bekanntmachung dieser Beobachtungen würde jedoch geringeres Interesse haben, da der Verlauf an diesen beiden Tagen sehr regelmäfsig war, obgleich mehrere an sich sehr kleine Anomalien in den ersten 24 Stunden an allen vier Plätzen eine bewundernswürdige Harmonie gezeigt haben. Merkwürdig bleibt indessen, dafs, einer Zeitungsnachricht zufolge, am 23. September Abends in Glasgow ein sehr starkes Nordlicht gesehen worden ist, welches mithin ganz entschieden, wenigstens keinen sich bis Norddeutschland erstreckenden Einflufs auf die Magnetnadel gehabt hat.

Die Anwesenheit des Hrn. Prof. Weber in Leipzig veranlafste inzwischen, noch einige aufserordentliche Stunden zu gleichzeitigen Beobachtungen in Göttingen und Leipzig festzusetzen, wozu die Tage 1. und 2. October, Morgens $7\frac{1}{2}$ bis $8\frac{1}{2}$, Mittags $12\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$, und Abends 8 bis 10 Uhr gewählt wurden. Abgesehen von einigen kleinen Versäumnissen wurden diese Stunden an beiden Orten inne gehalten; im hiesigen magnetischen Observatorium beobachtete mein Sohn, Wilhelm Gaufs, in Leipzig Hr. Prof. Weber, Hr. Prof. Möbius und Hr. Dr. Thieme. Die Beobachtungen und eine graphische Darstellung liegen bei [1]). Der Werth eines Skalentheils beträgt an dem einen wie an dem andern Orte 21",3.

1) Die graphische Darstellung wird auf Taf. IV baldigst nachgeliefert werden.

Beobachtungen am 1. October 1824

im magnetischen Observatorio in Göttingen.				in der Leipziger Sternwarte.			
Zeit.		Zeit.		Zeit.		Zeit.	
V. M.		N. M.		V. M.		N. M.	
7^h 37′	663,67	8^h 0′	714,31			8^h 0′	589,05
40	664,91	5	719,06			5	593,80
45	665,79	10	710,59			10	600,82
50	666,65	15	692,07			15	604,61
55	663,23	20	618,43			20	598,12
8^h 0′	665,34	25	676,20			25	586,92
5	663,74	30	675,04			30	579,89
10	662,12	35	675,63			35	576,29
15	663,00	40	672,56	8^h 15′	566,72	40	574,75
20	664,50	45	668,18	20	565,44	45	573,45
25	664,50	50	666,29	25	566,35	50	570,18
30	664,01	55	662,64	30	567,02	55	567,40
35	668,38	9^h 0′	663,48	35	567,30	9^h 0′	564,70
40	663,75	5	670,65			5	562,50
N. M.		10	574,52	N. M.		10	563,89
		15	669,60	0^h 25′	546,81	15	568,45
0^h 31′	643,77	20	667,70	30	546,96	20	569,32
35	645,68	25	673,92	35	547,52	25	566,78
40	647,77	30	684,88	40	547,74	30	567,16
45	644,98	35	690,03	45	549,71	35	571,98
50	647,42	40	688,96	50	551,16	40	578,44
55	646,24	45	683,13	55	549,19	45	581,80
1^h 0′	649,27	50	625,67	1^h 0′	551,01	50	581,32
5	648,67	55	667,08	5	550,29	55	577,54
10	646,47	10^h 0′	661,41	10	551,69	10^h 0′	572,84
15	648,58	5	661,38	15	551,26		
20	648,40	10	666,18	20	550,04		
25	647,22	15	669,41	25	550,95		
30	647,25	20	670,43	30	550,62		
35	647,50	25	668,50				
40	647,79	30	666,60				

Beobachtungen am 2. October 1834.

im magnetischen Observatorio in Göttingen.				in der Leipziger Sternwarte			
Zeit.		Zeit.		Zeit.		Zeit.	
V. M.		N. M.		V. M.		N. M.	
$7^h 30'$	667,09	$1^h 35'$	622,54	$7^h 30'$	563,91		
35	608,34	40	623,51	35	564,74		
40	667,10	45	632,17	40	565,77		
46	668,98			45	568,41	$8^h 5'$	565,76
50	669,68			50	566,77	10	572,53
55	673,50	$8^h 15'$	671,40	55	568,18	15	579,20
$8^h 0$	668,18	20	666,95	$8^h 0'$	569,87	20	576,48
5	668,08	25	663,48	5	572,51	25	570,38
10	668,43	30	667,02	10	569,45	30	569,04
15	666,72	36	672,74	15	569,33	35	566,37
20	665,84	40	671,13	20	569,39	40	568,86
25	669,48	45	668,71	25	568,68	45	571,24
30	667,06	50	668,52	30	568,38	50	570,29
35	666,56	55	667,67			55	569,34
N. M.		$9^h 0'$	667,07	N. M.		$9^h 0'$	569,19
$0^h 30'$	642,45	5	665,62	$0^h 30'$	548,80	5	568,87
35	637,37	10	662,05	35	547,69	10	568,76
40	636,56	15	662,87	40	548,39	15	567,10
45	633,07	20	673,34	45	544,60	20	565,12
50	626,53	25	670,19	50	544,23	25	566,37
55	628,55	30	670,13	55	541,70	30	570,89
$1^h 0'$	629,81	35	670,15	$1^h 0'$	537,07	35	569,61
5	626,95	40	671,72	5	537,62	40	570,01
10	629,22	45	669,57	10	537,21	45	570,39
15	629,00	50	667,01	15	535,31	50	570,54
20	626,71	55	664,39	20	535,82	55	569,81
26	622,56	$10^h 0'$	662,66	25	534,01	$10^h 0'$	567,77
30	619,44			30	534,00		

Man wird nicht ohne Vergnügen die grofse Uebereinstimmung nicht blofs in den grofsen Bewegungen, welche am Abend des 1. October stattfanden, sondern fast in sämmtlichen kleinen bemerken, so dafs deren Quellen sich als auf grofse Ferne hinwirkende, obwohl zur Zeit noch sehr räthselhafte Kräfte, auf das Unverkennbarste ausweisen. In Leipzig waren die Anomalien im Allge-

meinen etwas kleiner als in Göttingen; letzterem Orte wird daher der Heerd der wirkenden Kräfte näher gewesen seyn. Ich bemerke nur noch, dafs während eines Theils jener Stunden ich selbst an einem zweiten in der hiesigen Sternwarte aufgestellten Apparat, wovon ich bald eine ausführlichere Nachricht zu geben gedenke, beobachtet habe, und dafs diese Beobachtungen einen fast vollkommenen Parallelismus mit denen des hiesigen magnetischen Observatoriums in den gröfseren und kleineren Bewegungen ergeben haben; ein ähnlicher Erfolg hatte auch am 23. und 24. September, so wie bei vielen sonstigen Versuchen, statt, in dem Maafse, dafs schon öfters die Uhren an beiden Plätzen blofs vermittelst der magnetischen Erscheinungen bis auf einen kleinen Bruchtheil einer Zeitminute genau verglichen werden konnten. Dasselbe gelingt mittelst der gröfseren Bewegungen am 1. und 2. October zwischen Göttingen und Leipzig, wo an beiden Orten, die Uhren nur wenige Secunden von der mittleren Ortszeit abwichen.

Durch diese Erfahrungen erhalten nun auch die kleinen, in sehr kurzen Zeitfristen wechselnden Schwankungen der Magnetnadel ein überaus grofses Interesse; man mufs wünschen, dafs auch diese durch die Beobachtungen an vielen von einander entfernten Plätzen sorgfältig verfolgt werden, und es wird daher unumgänglich nöthig, alle Beobachtungen in recht kurzen Zeitintervallen zu machen. Bisher beobachteten wir von 5 zu 5 Minuten; aber auch dieses Intervall ist noch fast zu lang, und wir denken künftig immer von 3 zu 3 Minuten den Stand der Magnetnadel an den verabredeten Tagen zu bestimmen. Ich darf dabei nicht unbemerkt lassen, dafs das Verfahren, welches der Hr. Herausgeber dieser Annalen (Bd. XXXII. S. 569 bis 572) erklärt hat, von uns nur anfänglich gebraucht, aber schon lange mit einem etwas abgeänderten vertauscht ist. Um den Stand der Magnetnadel für einen Augenblick zu erhalten, beobachten wir

sie in sechs verschiedenen, immer um Eine Schwingungsdauer getrennten Momenten, und so, dafs das gewünschte Moment in die Mitte fällt. Anstatt der genauen Schwingungsdauer wird die nächste runde Zahl von Secunden (oder vielmehr von Uhrschlägen) gewählt, z. B. im magnetischen Observatorium 20″ anstatt 20″,4. Die Beobachtungen am 2. October für 8^h 25′ Abends standen daher so:

8^h 14′ 10″	672,6
30	672,3
50	671,3
15 10	671,8
30	669,9
50	670,8

Hieraus ergeben sich fünf Mittel, die eigentlich den beigesetzten Zeiten correspondiren:

8^h 14′ 20″	672,45
40	671,80
15 0	671,55
20	670,85
40	670,35

und daraus das Mittel für 8^h 15′ 671,40

Ich habe absichtlich dieses Beispiel gewählt, wo die Nadel schnelle Veränderungen zeigte, die selbst von 20 zu 20 Secunden sich so entschieden darstellen. Wir haben Fälle genug, wo ein ähnlicher Erfolg selbst in halb so grofsen Zeitintervallen eintritt. Gewisse Abänderungen in jener Beobachtungsart (die wir öfters anwenden) zu erklären, so wie die Rechtfertigung jener Art das Mittel zu nehmen, die mit gutem Vorbedacht gewählt ist, mufs ich mir für eine andere Gelegenheit vorbehalten. Aber unerwähnt lassen darf ich nicht (da der Hr. Herausgeber dieser Annalen a. a. O. es nicht ausdrücklich bemerkt hat), dafs es eine wesentliche Bedingung für die Zulässigkeit aller dieser Beobachtungsarten ist, die Nadel

vorher so viel wie möglich beruhigt zu haben, so daſs die Schwingungen nur eine geringe Anzahl von Skalentheilen betragen. Im hiesigen magnetischen Observatorium ist eine solche Beruhigung, oder wenigstens eine Wiederholung derselben, im Laufe der Beobachtung selten nöthig. Wer aber in einem weniger günstigen Local beobachtet, darf durchaus nicht unterlassen, dieſs, so oft es nöthig wird, in der Zwischenzeit mit den bekannten Mitteln zu thun.

Da bei der gegenwärtig als nothwendig sich zeigenden Verengerung der Zwischenzeiten die Beobachtungen sehr viel mühsamer werden als früher, wo die Forderung sich auf die Aufzeichnung von Stunde zu Stunde beschränkte, so ist mehrseitig der Wunsch geäuſsert, künftig sowohl die Anzahl als die Dauer der Termine etwas zu verkürzen. Wir werden daher anstatt der jährlichen 8 Termine künftig 6, und anstatt der 44stündigen Dauer eine 24stündige wählen, auch die Termine, nach mehrfach geäuſsertem Wunsche, auf bestimmte Wochentage festsetzen. Die nächsten Termine sind sonach:

1834.	November	29. u. 30.	allemal von Mittag bis Mittag, Göttinger mittlere Zeit
1835.	Januar	31. u. Febr. 1.	
	März	28. u. 29.	
	Mai	30. u. 31. etc.	

nämlich immer vom letzten Sonnabend jedes ungeraden Monats bis zum folgenden Sonntag [1]).

1) Der Herausgeber erlaubt sich dem hier gemachten Vorschlage zu correspondirenden Beobachtungen nur noch hinzuzufügen, daſs ein eigener eisenfreier Raum dazu dem nächsten Zwecke nach nicht erforderlich ist, und selbst die Festigkeit des Gebäudes, welche bei astronomischen Beobachtungen von gleicher Feinheit so nothwendig ist, hier bei der Aufhängung der Nadel an der Decke des Zimmers weniger sicher gestellt zu seyn braucht. Hiefür spricht offenbar die den astronomischen Bestimmungen wenig günstige Localität der Leipziger Sternwarte, welche doch von Hrn. Professor Möbius so erfolgreich für die magnetischen

Aufserdem werden wir noch allemal nach jedem Haupttermine noch an dem nächsten Dienstag und Mittwoch zwei Abendstunden, von 8 bis 10 Uhr (Göttinger mittlere Zeit) die Beobachtungen anstellen, also 1834 Dec. 2. und 3.; 1835 Febr. 3. und 4. u. s. w. Beobachter an Orten, deren Meridian von dem Göttinger bedeutend verschieden ist, werden daher aufgefordert, damit die Vergleichung die volle Zeit umfasse, diesen Unterschied zu berücksichtigen, besonders an den Nebenterminen.

Göttingen, den 5. November 1834.

XLIII. *Siebente Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Hrn. Michael Faraday.*

(Fortsetzung von S. 331.)

F. Ueber den primären und secundären Charakter der an den Elektroden entwickelten Substanzen.

742) Ehe das *Volta-Elektrometer* angewandt werden konnte, die Beständigkeit der elektro-chemischen Zersetzung als ein *allgemeines Gesetz* nachzuweisen, ward

Beobachtungen eingerichtet worden ist. Aehnlich ist der Fall bei der bisherigen Berliner Sternwarte. In der That ist es eine erfreuliche Aussicht, dafs auch die ausgezeichnete Geschicklichkeit im practischen Beobachten, welche Hr. Prof. **Möbius** in seiner Schrift: Beobachtungen auf der Königlichen Universitäts-Sternwarte zu Leipzig, unter ungünstigen Verhältnissen so rühmlich bewährt hat, neben seinen grofsen Verdiensten als reiner Geometer, durch die magnetischen Beobachtungen ein neues würdiges Ziel gefunden hat.

es nothwendig, einen unter den Physikern bereits anerkannten Unterschied in den Producten jener Action, nämlich den primitiven oder secundären Charakter derselben, näher zu untersuchen, und, wo möglich, durch eine allgemeine Regel festzusetzen, wann sie von der einen oder der andern Art seyen. Es wird aus dem Folgenden erhellen, dafs in Bezug auf die elektro-chemische Action und deren Folgen grofse Irrthümer daraus entstanden sind, dafs man diese beiden Klassen von Resultaten ganz mit einander verwechselte.

743) Wenn eine in Zersetzung begriffene Substanz diejenigen Körper, welche der elektrische Strom abgeschieden hat, unverbunden oder unverändert an den Elektroden ausgiebt, kann man dieselben als primäre Resultate ansehen, selbst wenn sie wiederum zusammengesetzt sind. So sind Sauerstoff und Wasserstoff aus Wasser primäre Resultate, und eben so sind es die Säure und das Alkali (wiewohl beide zusammengesetzte Körper sind), die aus schwefelsaurem Natron entwickelt werden. Allein, wenn die von dem elektrischen Strome abgeschiedenen Substanzen vor ihrem Auftreten an den Elektroden verändert werden, so geben sie zu secundären Resultaten Anlafs, wiewohl die entwickelten Körper in vielen Fällen elementar sind.

744) Diese secundären Resultate entstehen auf zweierlei Weise: Zuweilen rühren sie her von der Wirkung zwischen der ausgeschiedenen Substanz und der Substanz der Elektrode, zuweilen aber von der Wirkung jener auf die im zersetzt werdenden Leiter enthaltenen Substanzen. Wenn so z. B. Kohle in verdünnter Schwefelsäure zur positiven Elektrode gemacht worden ist, erscheinen an dieser, statt des Sauerstoffs, Kohlensäure und Kohlenoxyd; und diese secundären Resultate entstehen durch Einwirkung des Sauerstoffs auf die Substanz der Elektrode. Ist in einer Lösung von salpetersaurem oder essigsaurem Blei Platin die positive Elektrode, so erscheint

Bleihyperoxyd an derselben, gleichfalls ein secundäres Product wie das vorhergehende, aber hier durch die Einwirkung des Sauerstoffs auf eine in Lösung befindliche Substanz hervorgerufen. Wiederum wenn Ammoniak durch Platin-Elektrode zersetzt wird, erscheint Stickstoff an der *Anode* [1]), der, wiewohl ein elementarer Körper, hier doch ein *secundäres Educt* ist, da er durch die chemische Einwirkung des Sauerstoffs auf das Ammoniak in der umgebenden Lösung (554) elektrisch entwickelt worden ist. Auf gleiche Weise sind, wenn wässrige Lösungen von Metallsalzen durch den Strom zersetzt werden, die an der *Kathode* ausgeschiedenen Metalle, ungeachtet ihrer elementaren Natur, *immer* secundäre Educte, und nicht die unmittelbaren Resultate der zersetzenden Kraft des elektrischen Stroms.

745) Viele dieser secundären Resultate sind ungemein schätzbar, wie z. B. alle die interessanten Verbindungen, welche Hr. Becquerel durch schwache elektrische Ströme erhalten hat. Allein sie sind wesentlich chemisch, und müssen in der Theorie von der elektrolytischen Action sorgfältig von denen unterschieden werden, welche direct von der Wirkung des elektrischen Stroms herrühren.

746) Die Natur der entwickelten Substanzen führt oft zur richtigen Beurtheilung, ob sie primär oder secundär seyen, ist aber für sich nicht hinreichend diesen Punkt zu entscheiden. So sagt man, der Stickstoff werde zuweilen von der positiven, zuweilen von der negativen Elektrode angezogen, je nach den Körpern, mit welchen er verbunden ist (555. 555), und er wird in solchen Fällen offenbar für ein primäres Educt angesehen [2]); allein ich glaube in der Folge zu zeigen, dafs er, wenn er an der positiven Elektrode oder richtiger an der positiven *Anode* erscheint, ein se-

1) *Annal. de chim.* 1804, *T. LI p.* 167.

2) Ebendaselbst, *T. LI p.* 172.

cundäres Educt ist (748). So hat auch Humphry Davy [1]) und mit ihm die grofse Mehrzahl der Physiko-Chemiker (ich selbst mit eingeschlossen) das Erscheinen von Kupfer, Blei, Zinn, Silber, Gold u. s. w. an der negativen Elektrode, bei der Einwirkung des voltaschen Stroms auf die wäfsrige Lösung dieser Metalle, als einen Beweis angesehen, dafs die Metalle von dieser Fläche angezogen würden, sie also primäre Educte seyen. Ich glaube indefs zeigen zu können, dafs sie alle secundäre Resultate sind, blofs Folgen der chemischen Action, und keine Beweise von der Anziehung oder dem angekündigten Gesetz [2]).

747) Ziehen wir aber das Gesetz der *constanten elektro-chemischen Action* zu Hülfe, welches ich in Bezug auf das Wasser bereits bewiesen zu haben glaube (732), und welches ich auch auf alle Körper zur Genüge auszudehnen hoffe (821), und betrachten sowohl die *Menge* als die *Natur* der in Freiheit gesetzten Substanzen, so können wir uns ein im Allgemeinen richtiges Urtheil über den primären oder secundären Charakter der Resultate bilden. Und dieser wichtige Punkt, der für die Theorie der elektro-chemischen Zersetzung so wesentlich ist, da er entscheidet, welches die direct unter dem Einflufs des Stromes stehenden Theile sind (sie von denen unterscheidet, die nicht darunter stehen), und welche Resultate man erwarten darf, läfst sich mit einem solchen Grade von Gewifsheit festsetzen, dafs dadurch unzählbare Dop-

1) *Elements of chemical philosoph. p.* 144. 161.

2) Es ist merkwürdig, dafs man bis zum J. 1804 allgemein geglaubt hat, die Metalle würden durch entbundenen Wasserstoff reducirt. Um jene Zeit wurde aber diese allgemeine Meinung durch Hisinger und Berzelius (*Ann. de chim.* 1804, *T. LI p.* 174) umgekehrt, da diese behaupteten, die Metalle würden direct durch die Elektricität ausgeschieden, in welche Meinung von jener Zeit an auch H. Davy einstimmte (*Phil. Transact.* 1826, *p.* 388).

pelsinnigkeiten und zweifelhafte Betrachtungen aus diesem Zweige der Wissenschaft entfernt werden.

748) Wenden wir diese Grundsätze an auf den Fall mit dem Ammoniak und dem vorausgesetzten Auftreten des Stickstoffs an der einen oder der andern *Elektrode* (554. 555). Eine reine starke Lösung von Ammoniak ist ein schlechter Leiter, und deshalb eben so wenig der elektro-chemischen Zersetzung ausgesetzt als Wasser; lösen wir aber schwefelsaures Ammoniak darin auf, wird das Ganze leitend. An der *Anode* wird *fast* und zuweilen *ganz* reiner Stickstoff entwickelt, und Wasserstoff an der *Kathode*. Das Volumsverhältnifs des ersten zum letzteren ist veränderlich, ist aber ungefähr 1:3 oder 4. Diefs Resultat scheint auf den ersten Blick anzudeuten, dafs der elektrische Strom das Ammoniak zersetzt, und den Stickstoff zum Auftreten an der positiven Elektrode bestimmt habe. Allein, wenn die Elektricität durch das Volta-Elektrometer (707. 736) gemessen wird, findet sich, dafs der erhaltene Wasserstoff genau in dem Verhältnifs steht, welches bei Zersetzung von Wasser erhalten seyn würde, während der Stickstoff niemals eine sichere und constante Relation besitzt. Wenn, bei Vermehrung der Versuche, gefunden würde, dafs bei Anwendung einer stärkeren oder schwächeren Lösung, oder einer mehr oder weniger kräftigen Batterie, das an der *Anode* entwickelte Gas ein, sowohl im Bestandtheilsverhältnifs als absoluter Menge veränderliches Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff wäre, während der Wasserstoff an der Kathode constant bliebe, so könnte kein Zweifel darüber obwalten, dafs der Stickstoff an der *Anode* ein secundäres Resultat wäre, entsprungen aus der chemischen Action des von dem elektrischen Strom an jener Fläche entbundenen Sauerstoffs auf das gelöste Ammoniak. Es war also das Wasser, welches elektrolysirt wurde, nicht das Ammoniak. Ferner giebt der Versuch keine reelle Anzeige von der Ten-

dens des Elementes Stickstoff zu einer oder der andern Elektrode, auch kenne ich keinen Versuch mit Salpetersäure oder Stickstoffverbindungen, welcher zeigte, dafs der Stickstoff unter dem Einflufs des elektrischen Stroms eine Neigung habe, in irgend einer Richtung längs der Bahn dieses Stroms fortzugehen.

749) Als ein anderes Beispiel von secundären Resultaten können die Wirkungen auf eine Lösung von essigsaurem Kali angeführt werden. Wurde eine sehr starke Lösung angewandt, so entwickelte sich an der *Anode* mehr Gas als an der *Kathode*, fast in dem Verhältnifs 4:3. Das von der Anode war ein Gemeng von Kohlensäure und Kohlenoxyd, das von der Kathode reiner Wasserstoff. Wurde eine weit schwächere Lösung angewandt, entwickelte sich an der *Anode* weniger Gas als an der Kathode, und es enthielt nun Kohlenwasserstoff so gut wie Kohlensäure und Kohlenoxyd. Diefs Erscheinen des Kohlenwasserstoffs an der positiven Elektrode ist sehr anomal, wenn es als eine unmittelbare Folge der Zersetzungskraft des Stromes betrachtet wird. Allein der Kohlenwasserstoff ist so gut wie die Kohlensäure und das Kohlenoxyd nur ein *secundäres* Product; denn blofs das Wasser erleidet eine elektro-chemische Zersetzung, und dessen an der *Anode* ausgeschiedener Sauerstoff ist es, welcher durch Einwirkung auf die Essigsäure, inmitten der er entwickelt wird, die zuletzt daselbst erscheinenden Substanzen erzeugt. Diefs wird durch Versuche mit dem *Volta-Elektrometer* (707) vollkommen bewiesen; denn die dann aus dem essigsauren Salz an der Kathode entwickelte Menge Wasserstoff zeigt sich immer als bestimmt, und als genau proportional der durch die Lösung gegangenen Elektricität, und gleich der im Volta-Elektrometer selbst entwickelten Menge Wasserstoff. Das Erscheinen der mit Wasserstoff verbundenen Kohle an der positiven Elektrode und das Nicht-Erscheinen derselben an der negativen stehen in sonderbarem Widerspruch mit

dem, was man nach dem in der Regel angenommenen Gesetz in Betreff der letzten Orte der Elemente erwartet haben könnte.

750) Wenn das Salz in der Lösung ein essigsaures Bleioxyd ist, so sind die Resultate an beiden Elektroden secundäre, und sie können nicht gebraucht werden, den Betrag der elektro-chemischen Action zu schätzen oder auszudrücken, außer durch einen weitläufigen Procefs (843). Statt des Sauerstoffs oder selbst der eben beschriebenen Gase (749) erscheint nun Bleihyperoxyd an der positiven und Blei an der negativen Elektrode. Gebraucht man andere Metalllösungen, solche z. B. die Oxyde, wie Kupferoxyd, enthalten, verbunden mit Essigsäure oder einer andern zersetzbaren Säure, so erhält man noch verwickeltere Resultate, welche, als directe Resultate der elektro-chemischen Action angesehen, in ihren Verhältnissen nichts als Verworrenheit zeigen, welche aber sogleich vollkommen übereinstimmen und einfacher scheinen, sobald man sie als secundäre Resultate betrachtet; sie stimmen in ihren Verhältnissen mit dem Sauerstoff und Wasserstoff, welche aus Wasser durch eine bestimmte Menge von Elektricität entwickelt werden.

751) Ich habe mit vielen Körpern experimentirt, in der Absicht zu bestimmen, ob die Resultate primär oder secundär seyen. Ich bin überrascht worden, zu finden, wie viele von ihnen in den gewöhnlichen Fällen zu der letzteren Klasse gehören, und wie häufig blofs das Wasser der elektrolysirte Körper ist, in Fällen, wo man geglaubt hat, es wären andere Substanzen. Ich will einige dieser Resultate in möglichster Kürze beschreiben.

752) *Salpetersäure.* — Wenn sie sehr stark ist, leitet sie gut und liefert Sauerstoff an der positiven Elektrode. An der negativen erscheint kein Gas, wohl aber werden hier salpetrige Säure, und, wie es scheint, Salpetergas gebildet, welche sich lösen und die Säure gelb oder roth färben, zuletzt sogar, durch freiwillige Absonderung des Sal-

petergases, ein Aufbrausen veranlassen. Nach Verdünnung der Säure mit einem gleichen Volum Wasser oder mehr, erscheint Gas an der negativen Elektrode. Die Menge desselben ist veränderlich, nach der Stärke sowohl der Säure als des elektrischen Stroms; denn die Säure, aus welcher sich mit einer schwachen Batterie kein Gas an der *Kathode* abscheiden liefs, gab Gas mit einer stärkeren, und diejenige Batterie, welche hier mit einer stärkeren Säure kein Gas entwickelte, bewirkte die Entwicklung desselben mit einer verdünnteren Säure. Das Gas an der *Anode* war immer Sauerstoff, das an der *Kathode* Wasserstoff. Wurde die Menge der Producte mit dem Volta-Elektrometer (707) untersucht, so fand sich, es mochte die Säure stark oder schwach seyn, der Sauerstoff in demselben Verhältnifs wie aus dem Wasser. War die Säure bis zum specif. Gewicht 1,24 oder mehr verdünnt, so stand der Wasserstoff auch in demselben Verhältnifs wie aus dem Wasser. Hieraus schliefse ich, dafs nicht die Salpetersäure, sondern blofs das Wasser elektro-chemische Zersetzung erleidet; dafs der Sauerstoff an der *Anode* immer ein primäres Resultat ist, dafs aber die Producte an der *Kathode* oft secundär sind, und aus der Reaction des Wasserstoffs auf die Salpetersäure entspringen.

753) *Salpeter.* — Eine Lösung dieses Salzes liefert veränderliche Resultate, je nach der Gestalt der angewandten Röhre und nachdem die Elektroden grofs oder klein sind. Zuweilen läfst sich der gesammte Wasserstoff des zersetzten Wassers an der negativen Elektrode erhalten, zuweilen dagegen nur ein Theil von ihm, weil rasch secundäre Resultate gebildet werden. Die Lösung ist ein sehr vortrefflicher Elektricitätsleiter.

754) *Salpetersaures Ammoniak*, in Wasser gelöst, liefert sehr verschiedenartige und in ihren Verhältnissen sehr ungewisse secundäre Resultate.

755) *Schweflige Säure.* — Reine flüssige schweflige

Säure leitet nicht und wird auch nicht vom elektrischen Strom zersetzt [1]); ihre Auflösung in Wasser aber besitzt Leitungsfähigkeit und wird zersetzt, wobei Sauerstoff an der *Anode*, Schwefel- und Wasserstoff an der *Kathode* erscheinen.

756) Eine Lösung, welcher Schwefelsäure zugesetzt worden, war ein besserer Leiter. Doch gab sie an beiden Elektroden wenig Gas; das an der *Anode* war Sauerstoff, das an der *Kathode* reiner Wasserstoff. Von der *Kathode* stieg auch ein weifser trüber Strom auf, bestehend aus fein zertheiltem Schwefel, welcher bald die ganze Flüssigkeit milchig machte. Die Gasvolume standen in keinem regelmäfsigen Verhältnisse zu den Mengen, welche aus Wasser in dem Volta-Elektrometer entwickelt wurden. Ich schliefse hieraus, dafs die schweflige Säure in allen diesen Fällen nicht im Geringsten von dem elektrischen Strom angegriffen wird, dafs vielmehr das anwesende Wasser allein die elektro-chemische Zersetzung erleidet; dafs an der *Anode* der Sauerstoff aus dem Wasser die schweflige Säure in Schwefelsäure und das an der *Kathode* der elektrisch entwickelte Wasserstoff die schweflige Säure zersetzt, sich mit dessen Sauerstoff verbindet und Schwefel in Freiheit setzte. Ich glaube ferner, dafs der Schwefel an der negativen Elektrode nur ein secundäres Resultat ist; und in der That fand sich auch kein Antheil von demselben verbunden mit der geringen Portion Wasserstoff, welche bei Anwendung schwacher Lösungen von schwefliger Säure entweicht.

757) *Schwefelsäure.* — Ich habe bereits meine Gründe angegeben, weshalb ich schliefse, die Schwefelsäure sey nicht elektrolysirbar, d. h. nicht direct zersetzbar durch den elektrischen Strom, sondern erleide nur eine secundäre Action an der *Kathode* von dem daselbst entwickelten Wasserstoff (681). Im Jahr 1800 betrach-

1) Siehe De la Rive, *Biblioth. universelle*, *T. XL p.* 205 (diese Annal. Bd. XV S. 523).

tete Davy den Schwefel aus der Schwefelsäure als das Resultat der Einwirkung des eben frei gewordenen Wasserstoffs [1]). Hisinger und Berzelius dagegen behaupteten i. J. 1804, er sey das Resultat directer Einwirkung der Säure [2]); von jener Zeit an scheint Davy dieselbe Meinung angenommen zu haben, und seitdem hat sie auch überall Eingang gefunden. Die Aenderung meiner eigenen Meinung erfordert, dafs ich berichtige, was ich in einer früheren Reihe dieser Untersuchungen (552) bereits über die Zersetzung der Schwefelsäure gesagt habe. Gegenwärtig glaube ich nicht, dafs der Schwefel an der negativen Elektrode eine unmittelbare Folge von elektrolytischer Action sey.

758) *Salzsäure.* — Eine starke Lösung gab Wasserstoff an der negativen Elektrode, und nur Chlor an der positiven Elektrode; von dem letzteren wirkte ein Theil auf das Platin, und ein anderer Theil wurde gelöst. Eine kleine Gasblase blieb zurück; sie war aber kein Sauerstoff, sondern wahrscheinlich Luft, die zuvor in der Lösung gewesen.

759) Es war nun wichtig zu bestimmen, ob das Chlor ein primäres Resultat war oder blofs ein secundäres, herrührend von der Wirkung des an der *Anode* entwickelten Sauerstoffs auf die Salzsäure; — zu bestimmen nämlich, ob die Salzsäure elektrolysirbar, und wenn es der Fall, ob die Zersetzung *bestimmt* war.

760) Die Salzsäure wurde nach und nach verdünnt. Ein Gemisch von 1 Th. Säure und 6 Th. Wasser gab nur Chlor an der *Anode.* Ein Theil Säure mit 8 Th. Wasser gab auch nur Chlor, aber bei 9 Th. Wasser erschien ein wenig Sauerstoff neben dem Chlor: doch hing die An- oder Abwesenheit des Sauerstoffs bei diesen Stärkegraden der Säure zum Theil von der Stärke der

1) N. Nicholson's *Quarterly Journ. Vol. IV p.* 280. 281.

2) *Ann. de chim.* 1804, *T. LI p.* 173.

angewandten voltaschen Batterie ab. Bei 15 Th. Wasser wurde an der *Anode* neben viel Chlor ein wenig Sauerstoff entwickelt. Da die Lösung nun ein schlechter Elektricitätsleiter war, wurde ihr Schwefelsäure zugesetzt. Dadurch wurde eine raschere Zersetzung herbeigeführt, aber das Verhältniſs des Chlors zum Sauerstoff nicht merklich geändert.

761) Die Salzsäure wurde nun mit dem 100fachen ihres Volums an verdünnter Schwefelsäure vermischt. Sie gab aber noch an der *Anode* eine groſse Menge Chlor, gemengt mit Sauerstoff; und das Resultat blieb sich gleich, es mochte eine voltasche Säule von 40 Plattenpaaren oder eine von nur 5 Paaren angewandt werden. Mit Säure von dieser Stärke verhielt sich der Sauerstoff an der *Anode* zum Wasserstoff an der *Kathode*, dem Volume nach, wie 17 zu 64, und daher würde das Chlor, wäre es nicht von der Flüssigkeit gelöst worden, 30 Volume eingenommen haben.

762) Was die Menge der Elemente betrifft, so wurde beim Gebrauch des Volta-Elektrometer gefunden, daſs, es mochte die stärkste oder schwächste Säure angewandt werden, Chlor für sich oder gemengt mit Sauerstoff an der *Anode* erscheinen, dennoch der Wasserstoff an der *Kathode* in constanter Menge entwickelt wurde, d. h. genau in *gleicher* Menge, wie sie *eine gleiche Menge Elektricität* aus Wasser entwickelte.

763) Diese Beständigkeit entscheidet zwar nicht, ob die Salzsäure elektrolysirt werde oder nicht, allein sie beweist, daſs, wenn es der Fall, sie in bestimmten Verhältnissen zu der angewandten Elektricitätsmenge elektrolysirt worden seyn muſs. Andere Betrachtungen gestatten jedoch diesen Punkt zu entscheiden. Die Analogie zwischen Sauerstoff und Chlor in ihren Beziehungen zum Wasserstoff ist so groſs, daſs sie uns fast die Gewiſsheit giebt, daſs, wenn jene Elemente mit diesem letzteren verbunden sind, sie ähnliche Rollen in dem Proceſs der Elektro-Zersetzung spielen werden. Beide vereinigen sich zu

einem einzigen Atom mit einem Atom Wasserstoff [1]), und da die Anzahl (oder richtiger das Verhältnifs. *P.*) der Atome eine innige und wichtige Beziehung zur Zersetzbarkeit eines Körpers zu haben scheint (697), so befinden sich die Atome der Salzsäure, so gut wie die des Wassers, in den günstigsten oder vielleicht gar nothwendigen Umständen für die Zersetzung. Auch aus anderen Chlorverbindungen, welche nichts Zweifelhaftes hinsichtlich der gleichzeitigen Anwesenheit von Chlor und Sauerstoff einschliefsen, wird das Chlor durch den elektrischen Strom direct an der *Anode* entwickelt. Diefs ist der Fall mit dem Bleichlorid (395), welches sich streng mit dem Bleioxyd (402) vergleichen läfst, und sich zu diesem eben so verhält wie Salzsäure zu Wasser. In derselben Beziehung stehen die Chloride von Kalium, Natrium, Barium u. s. w. zu den Oxyden dieser Metalle, und sie zeigen unter dem Einflufs des elektrischen Stroms dieselben Resultate.

764) Aus allen diesen Versuchen und diesen Betrachtungen schliefse ich, dafs die Salzsäure direct durch den elektrischen Strom zersetzt wird, und dafs der Betrag der entwickelten Stoffe und deshalb die chemische Action *bestimmt ist für eine bestimmte Menge Elektricität.* Denn wiewohl ich das Chlor an der *Anode* im abgesonderten Zustande nicht gesammelt und gemessen habe, so leidet es doch keinen Zweifel, dafs es nicht dem Wasserstoff an der *Kathode* proportional sey. Und deshalb genügen die Resultate, das allgemeine Gesetz der *constanten elektro-chemischen Action* für die Salzsäure festzustellen.

765) Für die verdünnte Säure (761) schliefse ich, dafs ein Theil des Wassers elektro-chemisch zersetzt

1) Man mufs sich erinnern, dafs die englischen Chemiker das Wasser als aus 1 At. Sauerstoff und 1 At. Wasserstoff bestehend ansehen, nicht wie wir aus 1 At. Sauerstoff und 2 At. Wasserstoff. *P.*

worden, und dafs so der Sauerstoff entstanden ist, welcher sich dem Chlor an der *Anode* beigemischt zeigte. Der Sauerstoff *kann* als ein secundäres Resultat angesehen werden; allein ich bin zu glauben geneigt, dafs dem nicht so sey; denn wenn es der Fall wäre, liefse sich erwarten, dafs er aus der stärksten Säure in gröfster Menge aufträte, wogegen in Wirklichkeit das Umgekehrte stattfindet. Diese und andere Betrachtungen führen mich zu dem Schlufs, dafs die Salzsäure leichter als das Wasser durch den elektrischen Strom zersetzt wird; denn selbst wenn die Säure mit dem Acht- oder Neunfachen ihres Gewichts an Wasser verdünnt ist, wird sie allein zersetzt und das Wasser bleibt unangegriffen.

766) *Chloride.* — Beim Gebrauche wäfsriger Lösungen von Chloriden, z. B. von Natrium- oder Calciumchlorid, wurde an der positiven Elektrode nur Chlor, und an der negativen Elektrode dagegen Wasserstoff nebst dem Oxyde der Base, also Natron und Kalk, entwickelt. Der Zersetzungsprocefs läfst sich hier auf zwei oder dreierlei Weisen betrachten, welche alle zu demselben Resultate führen. Am einfachsten ist es vielleicht anzunehmen, das Chlorid sey die elektrolysirte Substanz, sein Chlor gehe zur *Anode* und sein Metall zur *Kathode*, wo letzteres, kein Chlor mehr findend, auf das Wasser wirkt, und so Wasserstoff und Sauerstoff als secundäre Resultate hervorruft. Da eine weitere Erörterung nicht von unmittelbaren Nutzen ist und sie mich von wichtigeren Gegenständen abziehen würde, so enthalte ich mich derselben für jetzt. Von *grofser Wichtigkeit* ist aber, dafs man bei Anwendung des Volta-Elektrometers den Wasserstoff in beiden Fällen in bestimmter Menge antrifft; wenn die Resultate auch nicht die bestimmte Zersetzung der Chloride erweisen (was weiterhin — 789. 794. 814 — erwiesen werden wird), so sind sie doch nicht im Geringsten dem Schlufs auf dieselbe zuwider, und sie *unterstützen* das *allgemeine Gesetz.*

767) *Jodwasserstoffsäure.* — Eine Lösung von Jodwasserstoffsäure wird genau auf dieselbe Weise wie die Salzsäure ergriffen. Ist sie stark, wird an der negativen Elektrode Wasserstoff entwickelt, in bestimmtem Verhältnifs zur durchgeleiteten Elekktricitätsmenge, d. h. in demselben Verhältnifs, wie er durch denselben Strom aus Wasser entwickelt worden wäre. Jod, ohne allen Sauerstoff, erscheint an der positiven Elektrode. Ist die Säure aber verdünnt, erscheint neben dem Jod auch Sauerstoff an der *Anode*, doch das Verhältnifs des Wasserstoffs an der *Kathode* bleibt ungestört.

768) Ich halte die Zersetzung der Jodwasserstoffsäure in diesem Fall für direct, aus Gründen, die ich schon bei der Salzsäure angegeben habe (763. 764).

769) *Jodide.* — Eine Lösung von Jodkalium dem voltaschen Strom unterworfen, gab Jod (ohne Sauerstoff) an der positiven Elektrode und Wasserstoff, nebst freiem Alkali an der negativen Elektrode. Was die Zersetzungsart betrifft, so sind hier dieselben Bemerkungen anwendbar, welche bei den Auflösungen der Chloride gemacht wurden (766).

770) *Fluorwasserstoffsäure* und *Fluoride.* — Eine Lösung von Fluorwasserstoffsäure schien unter dem Einflufs des elektrischen Stroms nicht zersetzt zu werden. Es ward anscheinend nur das Wasser zersetzt. Die geschmolzenen Fluoride wurden elektrolysirt (417); allein da ich bei diesen Einwirkungen *Fluor* im isolirten Zustand erhielt, so halte ich es für besser diefs einer künftigen Reihe dieser Untersuchungen vorzubehalten, wo ich eine ausführlichere Beschreibung von den Resultaten geben werde, als hier pafslich seyn würde.

771) *Cyanwasserstoffsäure*, in Lösung, leitet sehr schlecht. Die bestimmte Menge Wasserstoff (gleich der aus Wasser) ward an der *Kathode* in Freiheit gesetzt, und an der *Anode* eine kleine Menge Sauerstoff, wo sich auch anscheinend eine Lösung von Cyan bildete. Diese

Wirkung entsprach ganz der bei verdünnter Salzsäure oder Jodwasserstoffsäure. Dieselben Resultate stellten sich ein, als die Cyanwasserstoffsäure durch Zusatz von Schwefelsäure besser leitend gemacht worden.

Cyanide. — Mit einer Lösung vom Kaliumcyanid war das Resultat genau eben so wie mit einem Chlorid oder Jodid. Kein Sauerstoff wurde an der positiven Elektrode entwickelt, sondern bloſs eine braune Lösung daselbst gebildet. Aus den bei den Chloriden (766) angegebenen Gründen, und weil geschmolzenes Kaliumcyanid Cyan an der positiven Elektrode ausgiebt [1]), bin ich zu glauben geneigt, daſs das gelöste Cyanid *direct* zersetzt werde.

772) *Eisen-Cyanwasserstoffsäure* und *Eisencyanide*, so wie *Schwefel-Cyanwasserstoffsäure* und *Schwefelcyanide* gaben genau den eben beschriebenen entsprechende Resultate (771).

773) *Essigsäure.* — Geschmolzener Eisessig wird nicht zersetzt (405), noch leitet er Elektricität. Als ihm ein wenig Wasser zugesetzt ward, waren ebenfalls keine Anzeigen von Wirkung da. Bei Zusatz von mehr Wasser wirkte es langsam, wie es Wasser für sich gethan haben würde. Um ihn leitender zu machen wurde ihm verdünnte Schwefelsäure zugesetzt; nun entwickelte sich an der *Kathode* die bestimmte Menge Wasserstoff, und an der *Anode* ein Gemeng von Sauerstoff, in sehr unzureichender Menge, mit Kohlensäure und etwas Kohlenoxyd. Hieraus folgt also, daſs die Essigsäure nicht elektrolysirbar ist, sondern daſs ein Theil derselben von dem an der Anode entwickelten Sauerstoff zersetzt wird, secundäre Resultate hervorbringt, die nach der Stärke der Säure, der Intensität des Stroms und andern Umständen verschieden sind.

1) Es ist sehr merkwürdig, Kohlenstoff und Stickstoff hier mit Macht gegen die positive Fläche der Batterie getrieben zu sehen; allein es steht in voller Uebereinstimmung mit der von mir aufgestellten Theorie der elektro-chemischen Zersetzung.

774) *Essigsaure Salze.* — Eins dieser Salze habe ich bereits erwähnt, als secundäre Resultate in Bezug auf die Essigsäure liefernd (749). Auch bei vielen anderen essigsauren Metallsalzen sind die Resultate an beiden Elektroden secundär (746. 750).

Geschmolzenes und wasserfreies essigsaures Natron wird, wie ich glaube, als ein wahrer Elektrolyt direct zersetzt, giebt Natron an der *Kathode* und Essigsäure an der *Anode* aus. Beide Stoffe haben indefs nur ein vorübergehendes Daseyn, denn sie werden sogleich in andere verwandelt; Kohle, Natrium-Wasserstoff (*sodiuretted Hydrogen*) u. s. w. werden an der Kathode frei, und, so weit ich unter den Umständen urtheilen konnte, Essigsäure gemengt mit Kohlensäure und Kohlenoxyd etc. an der Anode.

775) *Weinsäure.* — Eine reine Lösung von Weinsäure ist ein eben so schlechter Leiter als reines Wasser. Setzt man ihr aber Schwefelsäure hinzu, so leitet sie gut, und die Resultate an der positiven Elektrode sind primär oder secundär in verschiedenen Verhältnissen, je nach der Stärke der Säure und der Kraft des elektrischen Stroms (752). Weinsaure Alkalien geben an der positiven Elektrode secundäre Resultate in großer Menge. Der Wasserstoff an der negativen Elektrode bleibt constant, wenn nicht gewisse Metallsalze angewandt werden.

776) Es wurden nun Lösungen von andern pflanzensauren Salzen, z. B. von benzoësauren Salzen, Lösungen von Zucker, Gummi u. s. w. in verdünnter Schwefelsäure; Lösungen von Harzen, Eiweifs in Alkalien etc. nacheinander der elektrolytischen Wirkung des voltaischen Stromes unterworfen. In allen diesen Fällen wurden indefs in gröfserem oder geringerem Betrage secundäre Resultate an der positiven Elektrode erzeugt.

777) Beim Schlusse dieses Abschnitts gegenwärtiger Untersuchungen kann es nicht entgehen, dafs das End-

resultat der Wirkung des elektrischen Stroms auf die zwischen die Elektroden gebrachten Substanzen nicht einfach, sondern sehr verwickelt seyn kann. Es giebt zwei Arten, auf welche diese Substanzen zersetzt werden können, entweder durch die directe Kraft des elektrischen Stroms oder durch die Wirkung von Körpern, welche dieser Strom zu entwickeln vermag. Es giebt auch zwei Wege, auf welchen sich neue Verbindungen bilden lassen, nämlich durch Verbindung der Substanzen, während sie sich noch im Entstehungszustande befinden (658), direct mit der Substanz der Elektrode, oder durch Verbindung mit denjenigen Körpern, welche, weil sie in dem zersetzt werdenden Leiter enthalten oder ihm beigemengt sind, sich nothwendigerweise an der *Anode* oder *Kathode* gegenwärtig befinden. Noch verwickelter wird die Sache dadurch, dafs zwei oder drei dieser Actionen gleichzeitig und in verschiedenen Verhältnissen zu einander stattfinden können. Gröfstentheils lassen sich indefs die Schwierigkeiten durch die bereits angegebenen Grundsätze (747) beseitigen.

778) Gebraucht man *wäfsrige* Lösungen von den Körpern, so sind die secundären Resultate ungemein häufig. Selbst wenn das Wasser nicht in grofser Menge, sondern nur als das zur Verbindung gehörige zugegen ist, erfolgen oft noch secundäre Resultate. So z. B. ist es sehr möglich, dafs bei H. Davy's Zersetzung der Hydrate von Kali und Natron ein Theil des erzeugten Kaliums das Resultat einer secundären Wirkung war. Daraus entspringt auch das häufige Verschwinden von Sauerstoff und Wasserstoff, welche sonst entwickelt worden seyn würden. Wenn in *wäfsrigen Lösungen* an der *Kathode kein* Wasserstoff erscheint, so ist diefs vielleicht immer Anzeige, dafs eine secundäre Wirkung daselbst stattfand.

Bis jetzt hat sich bei meinen Beobachtungen keine Ausnahme von dieser Regel dargeboten.

779) Die secundären Wirkungen sind *nicht beschränkt* auf die *wäſsrigen Lösungen* oder auf die Fälle, wo Wasser zugegen ist. So z. B. geben viele Chloride, geschmolzen (402) zwischen zwei Platin-Elektroden, Chlor an der Anode aus. In vielen Fällen, z. B. bei den Chloriden von Blei, Kalium und Barium u. s. w. wirkt das Chlor auf das Platin, und bildet mit demselben eine Verbindung, die sich löst. Nimmt man aber Zinnchlorür, so wirkt das Chlor an der *Anode* nicht auf das Platin, sondern auf das daselbst schon fertige Chlorür, Chlorid damit bildend, welches sich in Dämpfen erhebt (790. 804). Dieſs sind daher Fälle secundärer Actionen beiderlei Art, erzeugt in Körpern, die kein Wasser enthalten.

780) Die Abscheidung von Bor aus geschmolzenem Borax (402. 417) ist auch ein Fall von secundärer Action; denn die Borsäure wird nicht durch die Elektricität zersetzt (408), und es war bei früheren Versuchen das an der *Kathode* ausgeschiedene Natrium, welches auf die dasselbe umringende Borsäure wirkend, dieser Sauerstoff entzog und dadurch Bor in Freiheit setzte.

781) Die secundären Wirkungen haben bereits in Hrn. Becquerel's Händen viele interessante Resultate hinsichtlich der Bildung von Verbindungen geliefert, von denen einige neu, andere aber Nachahmungen von den in der Natur vorkommenden sind [1]). Wahrscheinlich werden sie sich nach entgegengesetzter Richtung hin, d. h. durch Darbietung von Fällen analytischer Zersetzung, eben so interessant erweisen. Wahrscheinlich werden wir auch über die Zusammensetzung und vielleicht auch über die Anordnung der Theilchen solcher Körper, wie Pflanzensäuren und Pflanzenbasen, und der organischen Substanzen überhaupt viele Belehrung erhalten, wenn wir sie

1) *Ann. de chim. T. XXXV p.* 113.

der Einwirkung des im Entstehungszustand an den Elektroden abgeschiedenen Sauerstoffs, Wasserstoffs und Chlors u. s. w. unterwerfen. Die Wirkung scheint um so mehr zu versprechen, als wir über Umstände gebieten können, welche alle, wie die Stärke des Stroms, die Gröfse der Elektrode, die Natur und Concentration der zersetzt werdenden Leiter u. s. w., einen entsprechenden Einflufs auf das Endresultat erwarten lassen.

782) Für mich ist es sehr befriedigend, dafs die ungemeine Mannigfaltigkeit der secundären Resultate keinen Einwurf dargeboten haben gegen die Lehre von einer constanten und festen elektro-chemischen Action, zu deren näherer Betrachtung ich nun übergehen will.

(Schlufs in nächster Lieferung.)

XLIV. *Ueber die Beschaffenheit der durch kreisrunde Oeffnungen aus dünner Wand strömenden Flüssigkeitsstrahlen; von Hrn. Felix Savart.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. LIII p.* 337. — Ein kurzer Bericht von dieser Abhandlung wurde bereits S. 353 Bd. XXIX dies. Ann. gegeben.)

Mein Zweck bei dieser Abhandlung ist: Die Gestalt und Beschaffenheit der verschiedenen Theile von Wasserstrahlen, die durch kreisrunde, in dünner Wand gemachte Oeffnungen ausströmen, im Allgemeinen, d. h. ohne genaue Messungen zu bestimmen. Um die Erscheinung in ihrer gröfsten Einfachheit anzugreifen, werde ich zunächst in allen Einzelnheiten den Fall untersuchen, wo der Wasserstrahl senkrecht von oben nach unten strömt, und zwar aus einer Oeffnung mitten in dem ebenen und horizontalen Boden eines cylindrischen Gefäfses, das sich frei entleert. Dann werde ich diese Untersuchungen auch

auf den verwickelteren Fall ausdehnen, wo der Wasserstrahl horizontal fortschieſst, und selbst auf den, wo er schief von unten nach oben gerichtet ist.

§. I.

Jedermann hat wohl beobachtet, daſs die senkrecht von oben nach unten strömenden Flüssigkeitsstrahlen aus zwei Theilen von sehr verschiedenem Ansehen bestehen, daſs der eine, welcher die Oeffnung berührt, klar, durchsichtig und anscheinend in Ruhe ist, während der zweite, welcher von gröſserem Durchmesser ist, ein trübes gleichsam milchiges Ansehen besitzt, und mit Anschwellungen versehen ist, welche ihre Gestalt und Lage unaufhörlich verändern.

Der klare Theil bei den senkrecht von oben nach unten strömenden Flüssigkeitsstrahlen erscheint dem Auge als ein Umdrehungs-Solidum, welches dicht an der Oeffnung von gleichem Durchmesser ist wie diese, und dann abnimmt bis zu einem gewissen Abstande nach einem sehr raschen Gesetze, hierauf aber immer langsamer, bis zu dem Punkt, wo der trübe und unruhige Theil anfängt. Jede Stelle in diesem Theil des Strahls erscheint cylindrisch, und um so mehr ohne alle Anschwellungen; mit einem Wort, es giebt längs demselben keinen Punkt, wo der Durchmesser einen Gränzwerth erreichte, und wo man also den Ausdruck: zusammengezogenen Querschnitt gebrauchen könnte. Dieſs beobachtet man wenigstens bei Oeffnungen, deren Durchmesser nicht unter 1 oder 2 Millimeter, und nicht über 2 bis 3 Centimeter betragen, und bei Druckhöhen, die nicht 5 Meter übersteigen.

Der trübe und aufgeschwollene Theil des Strahls, in seiner Gesammtheit und auf einer etwas groſsen Strecke betrachtet, hat eine bestimmte Form, die man noch nicht wahrgenommen hat (Fig. 1 Taf. III)[1]. Er zeigt in re-

1) Nämlich Taf. III Bd. XXXI, dem ich schon beabsichtigte diese Abhandlung einzuverleiben. — Die Tafel V, welche die übrigen zu dieser Abhandlung gehörigen Figuren enthält, wird dem gegenwärtigen Bande beigegeben. *P.*

gelmäfsigen Abständen Anschwellungen oder Bäuche (v, v', v'' ...), wie längliche Spindeln aussehend, die auf der Oberfläche unregelmäfsig und wellenartig, im Innern aber, so weit sich mit bloßsem Auge erkennen läfst, aus ungemein dünnen und flüssigen Schalen bestehen, welche sich successiv vom klaren Theil des Strahles ablösen, und die Gestalt concentrischer, nach unten aufgeschwollener Röhren haben, die nach der Mitte hin von einander abstehen, aber auf die Weise mit einander vereinigt sind, dafs die Basis der ersten auf die Anschwellung der zweiten fällt, die Basis der zweiten auf die Anschwellung der dritten und so fort.

Die obere Hälfte des obersten Bauchs nv hüllt das untere Ende des klaren Strahls ab ein, welches sich fast in der Mitte dieses Bauchs bei b unmerklich verliert, und sich unterhalb dieses Punktes in eine hohle Röhre bc von gröfserem Durchmesser zu verwandeln scheint, die längs der ganzen Erstreckung des trüben Theils sichtbar ist, in dem Maafse durchsichtiger wird, als sie sich mehr von ihrem Entstehungszustande entfernt, und einen etwas geringeren Durchmesser besitzt als die Knoten n, n', n'', n''' ...

Die Fig. 7 und 8 Taf. III stellen in einem gröfseren Maafsstabe den ersten und zweiten Bauch eines Strahls dar, mit allen Eigenschaften in der Form und Beschaffenheit, welche sich mit bloßsem Auge darin erkennen lassen.

Die Länge und der Durchmesser dieser Bäuche sind desto beträchtlicher, je gröfser die Druckhöhe und je weiter die Oeffnung ist. Zur richtigeren Vorstellung über die Dimensionen dieser verschiedenen Theile, diene die Angabe, dafs für einen Wasserdruck von 12 Centimet. und eine Oeffnung von 6 Millim. Durchmesser, die Länge des klaren Theils der Wassernadel 60 Centim., die der Bäuche 30 Centim., der Durchmesser derselben 1 Centim. und der der Knoten 7 bis 8 Millim. beträgt.

Wenn das im Gefäfs befindliche Wasser vollkommen ruhig und die Oeffnung mit Sorgfalt gearbeitet worden ist, so läfst sich die Gestalt der Ader, wie wir sie eben beschrieben, leicht nachweisen, selbst bei reinem Wasser. Bequemer aber lassen sich die Einzelheiten der Erscheinung beobachten, wenn man dem Wasser eine dunkle Farbe giebt, es z. B. durch eine Lösung von Indigo in Schwefelsäure färbt. Das Schichtenförmige der Bäuche im trüben Theile, und die Röhre, welche die Axe derselben einzunehmen scheint, läfst sich dann sehr gut wahrnehmen, wenn man schief von unten nach oben durchsieht, besonders wenn die Ader stark beleuchtet ist, z. B. durch directe Sonnenstrahlen.

Diese allgemeine Beschaffenheit der Wasserader ist unabhängig vom Durchmesser der Oeffnung und von der Höhe des Wassers im Behälter. Man gewahrt sie bei Oeffnungen von einem Millimeter Durchmesser so gut wie bei Oeffnungen von 2 bis 3 Centimetern, bei einem Wasserdruck von 3 bis 4 Centimetern so gut wie bei einem von 4 bis 5 Metern.

§. II.

Aus dem blofsen Anblick scheint also zu folgen, dafs eine flüssige Ader besteht aus einem vollen Theile, einer sehr dünnen Röhre, als Fortsetzung des ersteren, und aus geschichteten Bäuchen in nahe gleichen Abständen. Ist aber eine so ungewöhnliche Beschaffenheit wirklich vorhanden oder erblickt man sie nur vermöge einer optischen Täuschung? In der That zeigt sich der Wasserstrahl unter einer andern Gestalt, wenn man ihn von oben nach unten, als wenn man ihn von unten nach oben betrachtet; auch hat die Beleuchtungsweise desselben vielen Einflufs auf die Gestalt, welche man glaubt ihm beilegen zu müssen. Noch mehr, wenn man oben im Strahl einen Punkt fixirt, und nun plötzlich mit dem Auge herabgeht, so dafs man die Bewegung des betrachteten Punkts

bis zu dem trüben Theil verfolgt, so gewahrt man nichts anderes als sehr grofse Tropfen, senkrecht unter einander, und getrennt durch leere Räume von 8 bis 10 Mal gröfserem Durchmesser als die Tropfen. Es scheint demnach als sey die Continuität des Strahls nur scheinbar, als sey sein Ansehen nur eine Folge der Beharrung des Eindrucks, den der Vorübergang der successiven auf eine gewisse Weise gesonderten Tropfen auf die Netzhaut hervorgebracht hat, und als erlitten diese Tropfen während ihres Falles periodische Gestaltveränderungen, die durch ihre Wiederkehr in bestimmten Abständen von der Oeffnung fähig wären, auf uns den Eindruck des Daseyns eines Körpers zu machen, der in Wirklichkeit nicht vorhanden ist.

Hat man einmal diesen Argwohn, so ist die Existenz einer solchen Thatsache leicht nachgewiesen. Denn nimmt man statt des Wassers eine undurchsichtige Flüssigkeit, Quecksilber z. B., so müfsten die anscheinend aus dünnen Schichten bestehenden Theile des Strahls alsdann ganz gefüllt erscheinen. Das Rohr in der Mitte müfste dann voll aussehen wie der die Oeffnung berührende Theil des Strahls; allein im Gegentheil: ein Quecksilberstrahl, der im Uebrigen dieselbe Gestalt wie das Wasser darbietet, erscheint in seiner ganzen Erstreckung unterhalb des obersten Bauchs im trüben Theil durchscheinend, und man erblickt die zartesten Körper sehr deutlich durch seine Dicke. Es leidet also keinen Zweifel, dafs der Strahl, von dem Punkte ab, wo er nicht mehr klar und ruhig ist, auch aufhört continuirlich zu seyn, was sich auch dadurch beweisen läfst, dafs ein dünner und schmaler Körper, den man senkrecht gegen die Axe des Strahls rasch durch den trüben Theil hindurchgehen läfst, fast nie benäfst wird.

§. III.

Um nun aufzufinden, wie aus Tropfen, die dicht hinter einander eine nämliche Verticale durchlaufen, vermöge ihres Vorübergangs vor dem Auge die Empfindung von

dem Vorhandenseyn eines zusammenhängenden Strahles mit gleich abständigen Anschwellungen und all den oben beschriebenen Eigenthümlichkeiten erzeugen können, muſs man offenbar die Ausfluſsgeschwindigkeit so vermindern, daſs nur ein Tropfen nach dem andern entstehe, um untersuchen zu können, einerseits, was in dem die Oeffnung berührenden Strahl vorgehe, und andererseits, welche Gestaltveränderungen die Tropfen während ihres Falls erleiden.

Diesen Zweck erreicht man leicht mittelst des in Fig. I Taf. V (des gegenwärtigen Bandes) abgebildeten Apparats. Er besteht aus einem cylindrischen Gefäſs AB, dessen oberer Boden zum Eingieſsen der Flüssigkeit einen Trichter mit Hahn R besitzt, und in dessen unterem Boden eine Oeffnung o von 2 bis 3 Millimeter Durchmesser, an welche ein Glasrohr od von ungefähr 1 Centimeter im Durchmesser und 6 bis 7 Centimetern Länge befestigt ist. Nachdem das Gefäſs zuvor mit der Flüssigkeit gefüllt und der Hahn geschlossen worden ist, verhindern der atmosphärische Druck und die Capillarität der Oeffnung o den Ausfluſs; so wie man aber den Hahn öffnet, daſs unausgesetzt ein sehr dünner Luftfaden in das Gefäſs eindringen kann, stellt sich der Ausfluſs sogleich ein, und man kann nach Belieben eine Reihe Tropfen erhalten, die mehr oder weniger entfernt von einander sind, und beinahe gleichen Durchmesser haben, weil sie beim Ablösen von dem unteren Ende d der Röhre sich sämmtlich unter stets gleichen Bedingungen bilden, was nicht geschehen würde, wenn die Oeffnung in dünner Wand gebohrt wäre, da die Flüssigkeit bei einer schwachen Ausfluſsgeschwindigkeit rings um die Oeffnung anhaftet, und zwar auf einer stets veränderlichen Strecke.

Nachdem man dieſs Gefäſs auf einem Gestell wohl befestigt hat, so daſs die Oeffnung sich wenigstens 1 oder 2 Meter über dem Boden befindet, stellt man den Hahn

so, dafs ungefähr in jeder Fünftel-Secunde ein Tropfen fällt, was man ziemlich nach dem Geräusch beurtheilen kann, welches diese Tropfen beim Fallen in das zur Auffangung des Wassers untergesetzte Gefäfs hervorbringen. Endlich stellt man hinter der Verticale, welche die Tropfen durchfallen, eine schwarze Tafel auf, ebenfalls vertical, und zwar parallel mit den auf den Apparat fallenden Lichtstrahlen. Nachdem diefs so vorgerichtet ist, gewahrt man, wenn man sich vor den Apparat stellt, statt der abgesonderten Tropfen einen zusammenhängenden Strahl von solcher Durchsichtigkeit, dafs man versucht ist, ihn für eine flüssige Röhre mit sehr dünnen Wänden zu halten. Dieser scheinbare Strahl zeigt Anschwellungen oder Bäuche, die desto länger sind, je weiter sie von der Oeffnung abstehen, allein mit der Eigenthümlichkeit, dafs der zweite fast doppelt so lang ist als der erste, und dafs darauf der Längenanwuchs immer abnimmt, so dafs es scheint als gelangten sie in einem gewissen Abstande zu einer gleichen und constanten Länge (Fig. 10 Taf. III).

Bei einer Röhre von 10 Millimeter Durchmesser halten diese Bäuche ungefähr 7 Millimeter und die Knoten 5 Millimeter im Durchmesser. Bei einer Höhe von 170 Centimeter zählt man ungefähr 14 solcher Anschwellungen, der erste hat 3,5 Centimeter Länge, der zweite 5,0 der dritte 6,5 Centimeter, und die folgenden nehmen allmälig an Länge zu bis zum zwölften, dreizehnten und vierzehnten, welche sehr nahe gleich und ungefähr 17 bis 18 Centimeter lang erscheinen.

Wenn der scheinbare Strahl wohl beleuchtet ist und man ihn schief von oben nach unten betrachtet, so zeigt die Krümmung der Bäuche an der dem Lichte abgewandten Seite den Anblick einer Reihe sehr glänzender vertical dicht über einander liegender Bogen; und man erkennt überdiefs, dafs die Axe des scheinbaren Strahls, seiner ganzen Länge nach, von einem anderen, ähnlichen

aber weit dünneren Strahl eingenommen ist, welcher auch eine Reihe Bäuche oder Anschwellungen zeigt, aber sehr kurze und sehr wenig hervortretende, die nur sichtbar wenn der Strahl vom directen Sonnenlicht beleuchtet wird; denn ohne diesen Umstand erscheint der innere Strahl beinahe cylindrisch.

Untersucht man hierauf mit Achtsamkeit die Umstände der Tropfenbildung, so sieht man deutlich, daſs die Flüssigkeit sich an der Mündung der Röhre ein wenig anhäuft, dabei die Form einer unten abgerundeten Masse annimmt (*aa'* Fig. 9 Taf. I) die sich bis zu einem gewissen Punkt vergröſsert, darüber hinaus aber sich plötzlich in die Länge zieht (*bb'*), um nun einen Tropfen *G* von 5 bis 6 Millimeter im Durchmesser fallen zu lassen, dem beständig ein zweiter *g* von kleinerem Durchmesser folgt. Man bemerkt ferner, daſs, nach dem Fall dieser beiden Tropfen, die kleine, an der Oeffnung haften gebliebene Masse sich rasch in die Höhe zieht, um momentan ihre frühere abgerundete Form wieder anzunehmen, daſs sie sich dann wieder verlängert, um sich abermals zu verkürzen, und so fort, wobei sie wahrhafte Oscillationen macht, welche so lange dauern, bis sie, nach allmäliger Vermehrung ihres Volums, durch die nachflieſsende Flüssigkeit, abermals zwei Tropfen von ungleicher Gröſse fallen läſst.

Andererseits bemerkt man, daſs, wenn die gröſseren Tropfen auf den Punkt stehen sich abzulösen, unten abgerundet und oben zugespitzt sind, und daſs sie im Augenblick der Ablösung sich mit solcher Kraft zusammenziehen, daſs sie immer mehre kleine Tröpfchen in verschiedenen Richtungen fortschleudern.

Die Erklärung dieser Erscheinungen ergiebt sich ganz natürlich durch eine einfache Untersuchung derselben. Zunächst ist klar, daſs die scheinbare Continuität der beiden Strahlen davon abhängt, daſs die Zeit zwischen dem Durchgang der Tropfen durch einen nämlichen Punkt keiner ist als die Dauer der Empfindung, welche jeder

derselben auf der Netzhaut hervorbringt; — ferner, dafs das Auftreten der beiden concentrischen Strahlen davon herrührt, dafs jede der beiden Reihen ungleich grofser Tropfen die Erscheinung eines besonderen Strahls veranlafst; — drittens endlich, dafs die Anschwellungen oder Bäuche dieser scheinbaren Strahlen darin ihren Grund haben, dafs die Tropfen, nachdem sie sich im Augenblick ihres Abfalls zusammengezogen haben, vermöge der Anziehungskraft zwischen ihren Theilchen unaufhörlich dahin streben, eine Kugelgestalt anzunehmen, zu welcher sie indefs erst nach einer Reihe periodischer Verkürzungen und Verlängerungen gelangen, während welcher sie Gestalten annehmen, die ohne Zweifel sehr complicirt sind, deren allgemeiner Charakter aber darin bestehen mufs, dafs ihr Querdurchmesser wechselsweise ein Kleinstes und ein Gröfstes wird. Dann begreift man ohne Mühe, dafs, da die Tropfen diese periodischen Veränderungen im Querdurchmesser während ihres Falls erleiden, daraus vermöge der Beharrung des auf die Netzhaut gemachten Eindrucks das Schauspiel eines Strahls mit Anschwellungen in regelmäfsigen Abständen erfolgen mufs.

§. IV.

Richten wir jetzt unsere Aufmerksamkeit auf die Eigenthümlichkeit in der Gestalt und dem Ansehen der flüssigen Strahlen, welche auf eine continuirliche Weise ausfliefsen, so führt uns die Analogie zur Annahme, erstens dafs die Bäuche des trüben Theils dieser Strahlen durch eine Reihe Tropfen erzeugt werden, welche eben so während ihres Falls periodische Gestaltsveränderungen erleiden; und zweitens, dafs die Erscheinung einer hohlen Röhre, welche auf den vollen Theil des Strahles folgt, davon herrührt, dafs die Tropfen, welche aus dem klaren und sichtlich continuirlichen Theil des Strahles treten, abwechselnd ungleiche Durchmesser besitzen.

Hier kann man bemerken, dafs die Bäuche, welche man bei tropfenweisem Ausflufs gewahrt, nicht geschichtet er-

scheinen, wie die im trüben Theil des Strahls, und dafs folglich, wenn das Phänomen der angezeigten Ursache zugeschrieben werden darf, noch irgend eine andere Eigenthümlichkeit hinzutreten mufs. Denkt man aber hierüber nach, so sieht man bald, dafs das blättrige Ansehen davon herrührt, dafs die von dem successiven Tropfen herrührenden Bäuche einander nicht genau decken, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil diese Tropfen nicht genau denselben Durchmesser haben, oder vielmehr weil sie nicht immer von einem und demselben Punkt der Höhe des zusammenhängenden Theils der Ader ausgehen.

§. V.

Um die Analyse der Beschaffenheit des Strahls zu vollenden bleibt uns also nichts mehr übrig als zu bestimmen, in welchem Zustand sich der Theil befindet, wo das untere Ende des klaren und vollen Strahls (*nb* Fig. 1 Taf. III) eingehüllt ist in die obere Hälfte der ersten Anschwellung des trüben Theils, oder mit andern Worten, welche Umstände die Bildung der Tropfen bedingen.

Diese obere Hälfte des ersten Bauchs zeigt sich dem blofsen Auge genau unter derselben Gestalt wie die unteren Bäuche, wo die Discontinuität am Tage liegt; die Analogie läfst also glauben, dafs die Tropfen zunächst längs dem unteren Theil des klaren Strahls als ringförmige Anschwellungen entstehen, welche sich unter Vergröfserung ihres Volums von oben nach unten fortpflanzen, und, am Ende des Strahls angelangt, sich periodisch in Gestalt von Tropfen losreifsen. Die Beschaffenheit des Strahls wäre also vollkommen entschleiert, wenn die Richtigkeit dieser Induction auf eine scharfe Weise durch den Versuch festge stellt werden könnte.

Dahin gelangt man nun mittelst eines Apparats, der auf den Satz gegründet ist, dafs wenn zwei Räder sich um dieselbe Axe in entgegengesetzter Richtung drehen, es ein gewisses Verhältnifs zwischen ihren Geschwindigkeiten giebt, bei welchem man ein festes Rad erblickt, des-

sen Speichen-Anzahl von den Speichen der umlaufenden Räder und von dem Verhältnifs ihrer Geschwindigkeiten abhängt. Sind z. B. diese Geschwindigkeiten gleich grofs und entgegengesetzt, und haben beide Räder eine gleiche Anzahl Speichen, so erblickt man ein festes Rad, das so viele Speichen hat als beide Räder zusammen. Für andere Geschwindigkeitsverhältnisse kann sich das Bild in Richtung der gröfseren Geschwindigkeit drehen oder fest bleiben, wobei es aber eine gröfsere Anzahl Speichen zeigt. Wenn dagegen eins der Räder feststeht und das andere sich dreht, so wird das feststehende Rad gesehen wie es ist, und das andere giebt nur den Eindruck von einer kreisrunden Fläche, schwach gefärbt mit der Farbe der Speichen. Endlich wenn das vom Auge entferntere Rad voll ist, es eine blofse Scheibe ist, feststehend oder in Bewegung, so ist klar, dafs man niemals ein aus Speichen bestehendes Bild erblickt, weder ein festes noch ein sich bewegendes. Es folgt daraus, dafs man mittelst eines Rades, welches man vor einem sich bewegenden Körper in Umdrehung versetzt, leicht ermitteln kann, ob dieser Körper continuirlich oder discontinuirlich sey, weil man, im Fall er continuirlich ist, kein Bild erblickt, im Fall er aber discontinuirlich ist, ein festes oder sich bewegendes, dessen Ansehen abhängt von der Gestalt des Körpers, von dem Verhältnifs seiner Geschwindigkeit zu der des Rades, so wie von der Richtung der Bewegung, die gleich oder entgegengesetzt seyn kann.

Läfst man folglich vor einem flüssigen Strahl ein etwas grofses Rad mit weifs angestrichenen Speichen rotiren, so kann man dadurch entdecken, welche Theile dieses Strahles continuirlich oder discontinuirlich sind, und kann bis zu einem gewissen Punkt ihre Gestalt und Gröfse beurtheilen. Allein mit einem Rade, selbst von sehr grofsem Durchmesser, kann man zur Zeit immer nur einen sehr kleinen Theil des Strahls untersuchen, da man, um nicht entstaltete Bilder zu haben, das Rad so stellen mufs, dafs

nur die Enden seiner horizontalen Speichen successiv hinter den Strahl treten, während man diesen betrachtet. Es war daher natürlich, statt des Rades einen Apparat mit horizontalen Strichen, befestigt auf einen in verticaler Richtung beweglichen Streifen, anzuwenden.

Der von mir angewandte Apparat ist in Fig. 2 Taf. V abgebildet. Er besteht aus zwei Cylindern *A* und *B*, beweglich um Axen, die durch die Ständer *MM* gehen; die untere Cylinderaxe trägt eine Rolle, welche durch eine Schnur ohne Ende verbunden ist mit einem bewegenden Rade, welches in der Zeichnung nicht abgebildet ist, und durch welches man dem Cylinder *B* eine Umdrehungsgeschwindigkeit in diesem oder jenem Sinn mittheilen kann. Ein Riemen ohne Ende *CD* von schwarzer Farbe geht über die Cylinder *A* und *B*; er ist versehen mit weifsen, parallelen und horizontalen Strichen, die ein Centimeter breit sind und sieben Centimeter von einander stehen. Mittelst einer Stellschraube *V* kann der obere Cylinder parallel mit sich in verticaler Richtung verschoben und dadurch der Riemen ohne Ende nach Erfordernifs angezogen werden. Die ganze Höhe des Apparats beträgt $1^m,65$, welche hinreichend ist das Gefüge des klaren Theils und der beiden ersten Bäuche im trüben Theile eines Wasserstrahls zu untersuchen, der unter einem Wasserdruck von 10 Centimeter aus einer 6 Millimeter weiten Oeffnung strömt. Soll dieser Versuch wohl gelingen, mufs der Riemen ohne Ende gut beleuchtet und in einem Abstande von einigen Decimetern hinter dem Strahl aufgestellt seyn; auch ist nöthig, dafs das Wasser stark dunkel gefärbt sey.

Betrachtet man, nachdem diese Vorkehrungen getroffen sind, den Strahl in solcher Richtung, dafs er sich zwischen dem Auge und dem Riemen befinde, während letzterem eine aufsteigende Bewegung ertheilt wird, deren zweckmäfsigste Geschwindigkeit man am besten durch's Probiren auffindet, so gewahrt man ein Bild, welches

zwei sehr verschiedene Theile darbietet. Der untere Theil, welcher dem trüben Theil des Strahls entspricht, besteht aus festen, schwarzen Querstreifen; der obere dagegen, welcher dem klaren Theil entspricht, scheint, wenn man ihm direct betrachtet, unbeweglich, allein mit dem Unterschiede, dafs seine Ränder gegen sein unteres Ende hin Hervorspringungen darbieten, die fast gleiche Abstände unter sich haben, und desto beträchtlicher sind, je näher sie diesem Ende des Strahls liegen. Dieser letztere Theil des Bildes entspricht der oberen Hälfte des ersten Bauchs im trüben Theil des Strahls, und es folgt daraus, dafs diese obere Hälfte aus ringförmigen Anschwellungen besteht, welche längs dem Strahle hinabsinken, weil sie, ohne Hülfe des Apparats, unter der Gestalt einer blättrigen und schwimmenden Hülle erscheint, mit dem Apparat aber, als bestehend aus unbeweglichen Hervorragungen, welche sich an je zwei gegenüberstehenden Rändern des Strahls entsprechen.

Die Fig. 2 Taf. III (Bd. XXXI) stellt einen aus einer Oeffnung von 6 Millim. und unter einem Wasserdruck von 10 Centimetern ausströmenden Wasserstrahl dar, wie man ihn mit dieser Vorrichtung erblickt. Vergleicht man Fig. 2 mit Fig. 1 (derselben Tafel), welche den Strahl, wie man ihn direct sieht, darstellt, so erklären sich ohne Mühe alle Eigenthümlichkeiten in der wirklichen und scheinbaren Beschaffenheit der aus kreisrunden Oeffnungen strömenden Wasserstrahlen.

§. VI.

Zusammengefafst ist es klar: 1) dafs der trübe Theil der Strahlen aus Tropfen besteht, die während ihres Falles Schwingungen vollführen, weil die Längen der Querstreifen *bbbb* ... periodisch ab- und zunehmen, und dabei immer innerhalb der blättrigen Bäuche, die man mit blofsem Auge sieht, eingeschrieben bleiben; 2) dafs der Anblick einer hohlen Röhre, welche die Axe des Strahles einnimmt, aus den kleineren Tropfen *c*, *c*, *c*, *c* ... ent-

springt, die immer zwischen die Tropfen b, b, b... eingeschaltet sind; 3) endlich, daſs die obere Hälfte des ersten Bauchs im trüben Theil aus undulatorischen Anschwellungen besteht, welche sich längs dem unteren Ende des vollen Strahles fortpflanzen und sich bei Ankunft an dessen Ende in Tropfen verwandeln.

Was die wirkliche Gestalt der verschiedenen, einen Wasserstrahl ausmachenden Theile betrifft, so kann man sie nicht in aller Strenge aus den obigen Thatsachen ableiten; allein es ist natürlich zu glauben, daſs die undulatorischen Anschwellungen des Strahls mehr oder weniger abgerundet sind, und daſs die Tropfen durch eine im allgemeinen wenig von der Kugel abweichenden Gestalt wechselsweise aus einem in senkrechter Richtung abgeplatteten Sphäroid in ein von oben nach unten verlängertes Ellipsoid übergehen, so daſs zuletzt die Fig. 3 Taf. III (Bd. XXXI) beinahe den Zustand eines Wasserstrahls, im Moment, wo ein Tropfen sich abreiſsen will, darstellen wird.

§ VII.

Wenn sich aber auch im Allgemeinen der Zustand des Wasserstrahls auf diese Weise festsetzen läſst, so ist dieſs doch nicht der Fall mit den Einzelheiten desselben. Denn mittelst des Riemen-Apparats ist es unmöglich anzugeben, in welchem Abstande von der Oeffnung die ringförmigen Anschwellungen entspringen. Man kann durch dieses Verfahren bloſs erkennen, daſs die sich bildenden Hervorragungen in dem Maaſse kleiner werden als man eine höher liegende Stelle betrachtet, und daſs sie ein wenig über dem Ort, wo man, bei unmittelbarer Betrachtung, den trüben Theil des Strahls entspringen sieht, aufhören wahrnehmbar zu seyn.

Um diese Anschwellungen noch jenseits des Punkts zu beobachten, wo dieser Apparat sie wahrzunehmen erlaubt, muſs man zwischen dem Strahl und dem Sonnenlicht oder der Lampe eine schwarze Tafel aufstellen, ver-

sehen mit einem schmalen und horizontalen Schlitz, so dafs vom vollen Theile des Strahls blofs eine kleine ringförmige Zone erleuchtet wird. Betrachtet man diese Zone, die nun hell beleuchtet ist, so scheint sie abwechselnd zu steigen und zu sinken, wie wenn die Oberfläche des Strahls der Sitz von Längenschwingungen wäre. Es ist indefs natürlich zu glauben, dafs diefs von dem periodischen Vorübergange der ringförmigen Anschwellungen herrührt, denn die Amplitude dieser Oscillationen scheint desto gröfser je näher der beobachtete Punkt dem trüben Theil des Strahles liegt. Beobachtet man mittelst dieses Verfahrens aufmerksam den ganzen vollen Theil des Strahls, so erkennt man leicht, dafs die kleine leuchtende Zone erst in einem wenig beträchtlichen Abstande von der Oeffnung vollkommen fest erscheint, woraus dann folgt, dafs die ringförmigen Anschwellungen im obersten Theil des Strahls, wenn nicht gar an der Oeffnung selbst, entspringen.

§. VIII.

Die Bildung und Fortpflanzung der ringförmigen Anschwellungen, so wie die Aussendung von Tropfen, welche sie bei ihrer Ankunft an dem Ende des Strahls erzeugen, geschieht mit einer grofsen Regelmäfsigkeit und in gleichen Zwischenzeiten. In der That, hält man das Ohr dicht an den trüben Theil des Strahls, so hört man einen dumpfen Ton, welcher, so lange die Druckhöhe sich nicht ändert, constant bleibt, und auf der ganzen Strecke, welche die drei oder vier ersten Bäuche umfassen, gleich ist. In diesem Fall hängt der Ton alleinig ab von dem periodischen Stofs der Tropfen und Anschwellungen gegen die Luft, und er ist so schwach, dafs man seine Höhe kaum zu bestimmen vermag. Allein es ist leicht, ihm eine grofse Stärke zu geben, dadurch z. B.,

dafs man den Strahl auf eine horizontal ausgespannte Membrane, oder noch besser, auf den ebenen Boden eines Metallgefäfses fallen läfst. Alsdann kann man mittelst irgend eines musikalischen Instruments den Einklang mit diesem Tone nehmen, und so erkennen, dafs die Anzahl der Schwingungen sich nicht ändert, in welcher Höhe des trüben Theils man auch die Ebene der Membrane anbringt. Der Ton ist demnach derselbe, die Membrane schneide den dritten oder vierten Bauch oder selbst das Ende des vollen Theils. Wenn man aber über diesen Punkt hinaufgeht, nimmt der Ton merklich an Stärke ab, und er wird selbst ganz unwahrnehmbar, wenn die Membrane bis zu dem Punkt gelangt ist, wo die ringförmigen Anschwellungen aufhören sichtbar zu seyn, da alsdann die durch den successiven Stofs dieser Anschwellungen veranlafste Erschütterung nicht mehr hinreicht, die Membrane in Schwingungen zu versetzen.

Es ist also unzweifelhaft, dafs die ringförmigen Anschwellungen des Strahls einander in gleichen Zeiträumen folgen, und dafs die Tropfen, welche sie bei Ankunft an dem Ende des Strahles bilden, mit eben der Periodicität ausgesandt werden.

§. IX.

Die Zahl der Schwingungen, welche aus dem Stofs des trüben Theils der Strahlen erfolgen, scheinen wenig verwickelten Gesetzen zu folgen. Bei einer constanten Druckhöhe von 51 Centimetern hört man bei Oeffnungen von 1,5, von 3,0 und von 6,0 Millim. Durchmesser respective die Töne $d_{,,}\sharp$, $a_{,}\sharp$ und $d\sharp$, deren Schwingungszahlen sich also umgekehrt wie die Durchmesser der Oeffnungen verhalten [1]). Andererseits scheinen diese Zahlen proportional der Quadratwurzel aus den Druckhöhen oder einfach proportional den Ausflufsge-

1) Die Bezeichnungen $d_{,,}\sharp$, $a_{,}\sharp$ u. s. w. wurden hier statt der gewöhnlichen $\underline{\underline{d}}\sharp$, $\underline{a}\sharp$ u. s. w. gebraucht, weil letztere für den Druck höchst ungeschickt sind. *P.*

schwindigkeiten, wenn der Durchmesser der Oeffnung constant bleibt. Bei einer Oeffnung von 3 Millim. Durchmesser und bei den Druckhöhen 1, 2, 3, 9 waren die Schwingungszahlen (wie es die folgende Tafel zeigt) sehr nahe gleich: 1, 1,21, 1,73 und 3,0 was die Quadratwurzeln der ersteren Zahlen sind.

Druckhöhen.	Töne.	Schwingungszahlen.	Verhältnifs der Schwingungszahlen.
51	$d_{,}\sharp$	600	1,00
102	$a_{,}$ —	853	1,42 —
153	$c_{,,}$ +	1024 +	1,70 +
459	$h_{,,}b$ —	1843 —	3,07 —

Wenn ein Körper der Sitz einer regelmäfsigen Schwingungsbewegung ist, geschieht es immer, dafs die in andern, unmittelbar mit ihm in Berührung stehenden Körpern erregten Oscillationen auf seine eigenen Oscillationen rückwirken, sowohl was deren Zahl als deren Amplitude betrifft, und welchen Ursprungs und von welcher Natur sie auch seyn mögen. So zum Beispiel werden zwei Pendel, die vermöge ihrer Länge fähig sind in gleicher Zeit sehr nahe dieselbe Anzahl von Schwingungen zu machen, auf den Isochronismus gebracht, wenn man sie an einen und denselben Körper aufhängt; eben so wächst die Amplitude der Oscillationen einer Saite, wenn eine andere mit ihr in Einklang stehende Saite in ihrer Nähe ertönt. Aus demselben Grunde geschieht es ferner, dafs wenn man von zwei Saiten, die auf ein und dasselbe Instrument gezogen und fast in Einklang gestimmt sind, blofs die eine erschüttert, der anderen eine so kräftige Bewegung mitgetheilt wird, dafs sie nicht blofs in Schwingungen geräth, sondern gar durch ihre Schwingungen die der direct erschütterten Saite momentan unterbricht.

Da die Fortpflanzung der ringförmigen Anschwellun-

gen des Strahls und die Aussendung von Tropfen einer periodischen und regelmäſsigen Wiederkehr unterworfen sind, und da überdieſs die Anzahl dieser Abwechslungen in einer gegebenen Zeit groſs genug ist, um wahrnehmbare und vergleichbare Töne hervorzurufen, so war es natürlich zu vermuthen, daſs Luftwellen von gleicher Periode wie die der Aussendung der Tropfen und der Fortpflanzung der Anschwellungen so merklich auf den Zustand des Wasserstrahls rückwirken würden, daſs man die daraus hervorgehenden Veränderungen wahrnehmen könnte.

Und wirklich, wenn man in der Nähe eines Wasserstrahls mit einem Streichinstrument einen Ton angiebt, der nahe im Einklang steht mit dem, welcher aus dem Stoſs des trüben Strahltheils gegen eine ausgespannte Membrane erfolgt, so steigt im Augenblick, da der Ton gehört wird, der Punkt, von dem die Tropfen ausgehen, gegen die Oeffnung in die Höhe, oder, mit andern Worten, der volle Theil des Strahls wird kürzer, und diese Verkürzung kann selbst über zwei Drittel der ursprünglichen Länge gehen. Zu gleicher Zeit scheint der Durchmesser des Strahls vergröſsert, und dasselbe gilt auch von den Bäuchen des trüben Theils, die ihr Ansehen vollständig verändern. Sie sind dann weit regelmäſsiger, mehr untersetzt, so daſs die Verengerungen, welche sie trennen, länger und schmäler erscheinen (Siehe Fig. 4 Taf. III Bd. XXXI).

Diese Einwirkung der Schallwellen ist so kräftig, daſs der Ton einer Geige in einem Abstande von mehr als zwanzig Metern eine fast eben so groſse Verkürzung des vollen Theils der Wasserader bewirkt als bei weit geringeren Entfernungen und derselben Tonstärke statt hat.

Die untere Octave, untere Quinte, kleine Terz, die übermäſsige Quart und die obere Octave von dem Tone, welchen der Stoſs des trüben Strahltheiles gegen einen Ton verstärkenden Körper liefert, erzeugen in dem Was-

serstrahle analoge Abänderungen wie die eben beschriebenen, jedoch mit weit geringerer Stärke; und es giebt Töne, welche auf die Dimensionen und das Ansehen dieses Strahltheils gar nicht einwirken. Man sieht hieraus leicht, dafs wenn man den trüben Strahltheil auf einen der Resonanz fähigen Körper fallen läfst, die Vibrationen dieses Körpers oftmals auf die des Strahles rückwirken und deren Periode also abändern müssen. Wirklich beobachtet man diefs auch häufig; allein diese Rückwirkung scheint nur möglich zu seyn, wenn der Unterschied zwischen dem eigenthümlichen Ton des Strahls und dem des Körpers nicht gröfser als eine kleine Terz ist. Wenn der Ton des Strahls auf solche Weise durch einen fremden Ton abgeändert ist, braucht man oft, um den Strahl auf den ihm eignen Ton zurückzuführen, dem Apparat nur einen leichten Stofs, oder dem Körper, der den Strahl auffängt, nur eine andere Stellung oder Richtung zu ertheilen. Der Ton springt dann immer plötzlich auf die ihm eigene Höhe zurück, wenigstens wenn er dem des gestofsenen Körpers nicht zu nahe liegt, denn dann kann es geschehen, dafs man beide Töne abwechselnd oder gar zugleich wahrnimmt.

Sehr merkwürdig aber ist, dafs man mittelst der Vibrationen eines Wasserstrahls und denen einer Saite oder Stimmgabel auch jene Schläge oder Reactionen hervorrufen kann, die man zwischen zwei fast im Einklang stehenden Körpern beobachtet. Giebt man z. B. auf einer Bafsgeige oder Violine den Einklang an mit dem Tone eines Wasserstrahls, dessen voller Theil so weit von dem von ihm getroffenen Körper absteht, dafs in dem trüben Theil zwei oder drei Bäuche vorhanden sind, und erhöht oder vertieft nun den Ton des Instruments um eine kleine Gröfse, so scheint der Ton des Strahls sich nur periodisch zu erzeugen, der volle Theil des Strahls verlängert und verkürzt sich abwechselnd, und es erfolgt daraus für das Ohr eine Reihe von Schlägen, welche mit

den sichtbaren Verlängerungen und Verkürzungen übereinstimmen. Vergröfsert man den Unterschied zwischen dem Ton des Strahls und dem des Instruments, so wächst auch die Zahl der Schläge, um desto mehr, je gröfser das Intervall der beiden Töne wird.

§. X.

Es schien demnach hieraus, dafs sich der zusammenhängende Theil des Strahls in ganz ähnlichen Umständen befinde, wie ein Körper, welcher der Sitz einer festen Anzahl von Schwingungen ist. Indefs würde eine solche Folgerung nicht richtig seyn, denn die Anzahl der Vibrationen hängt nicht von der Länge des zusammenhängenden Strahltheils ab, vielmehr kann man diesen fast auf Nichts reduciren, und dennoch wird das übrigbleibende Stück von eben denselben Schallwellen influencirt, welche auf den unverkürzten Strahl einwirken. Wenn z. B. der Strahl auf einen Körper fällt, der wegen seiner Dicke nicht vibriren kann und der den Strahl etwas oberhalb des Ursprungs der ringförmigen Anschwellungen auffängt, so sieht man, wenn man den Einklang mit dem Ton des trüben Strahltheils angiebt, im Punkte, wo der Strahl den Körper berührt, einen Bauch entstehen und sich allmälig erheben, diesem bald einen zweiten, dritten, ja vierten Bauch folgen, so dafs der zusammenhängende Theil des Strahls sich verkürzt, wie er sich verkürzt haben würde, wenn der ihn schneidende Körper nicht vorhanden gewesen wäre. Wenn man den Ton nicht mehr angiebt, steigen diese Bäuche ein wenig herab, wie wenn sie successiv in den gestofsenen Körper einträten, und der Strahl wird alsdann seiner ganzen Länge nach vollkommen eben und ruhig.

Selbst wenn man endlich den gestofsenen Körper über die Gränze erhebt, bis zu welcher der zusammenhängende Theil des Strahls sich verkürzen kann, oder wenn man ihn in einem sehr kleinen Abstande von der Oeffnung befestigt, erleidet das übrig gebliebene Stück

des Strahls noch eine Einwirkung von dem Ton, welcher auf den Strahl, bei voller Länge desselben, eingewirkt haben würde, wie man diefs erkennen kann, wenn man rings um ihn Dunkelheit macht und mittelst eines horizontalen Schlitzes nur einen sehr kleinen Theil desselben beleuchtet. Betrachtet man dann diese schmale und hell erleuchtete Zone des Strahls, so sieht man sie sich runzeln, so wie man den dem trüben Theil eigenen Ton angiebt, und man bemerkt (wie beim ganzen Strahl), dafs die untere und obere Octave, wie die untere Quinte und obere kleine Terz des besagten Tons gleichfalls, nur minder stark auf den Zustand des Strahles einwirken.

§. XI.

Da also die Periode der Oscillationen nicht von den Dimensionen des Strahles abhängt, so mufs man schliefsen, dafs diese Periode durch die Umstände beim Durchgang der Flüssigkeit durch die Oeffnung bedingt werde. Wenn diefs nun wirklich der Fall ist, so folgt, dafs die dem Strahl durch die Schallwellen eingeprägten Abänderungen nicht abhängen von der directen Einwirkung dieser Wellen auf den Strahl, sondern im Gegentheil von der Einwirkung dieser Wellen auf das Gefäfs, welches das Wasser enthält, oder vielmehr von der auf diese Flüssigkeit selbst.

In der That, geschieht das Ausfliefsen im Vacuo, welches, wie wir weiterhin sehen werden, den Zustand des Strahls in Nichts verändert, so bewirken Schallwellen, die in der den Apparat umgebenden Luft erregt werden, eine eben so deutliche Verkürzung des zusammenhängenden Strahltheils, wie wenn das Ausfliefsen in freier Luft geschähe, und die Bäuche des trüben Theils erleiden auch in der Form und dem Ansehen alle die Veränderungen, welche wir oben angegeben haben. Andererseits, wenn man den tönenden Körper in directe Berührung mit einem Punkt der Wände des Gefäfses bringt, sind die dem Strahle eingeprägten Abänderungen noch

hervortretender als im Fall, dafs die Schwingungen dem Apparat durch Vermittlung der Luft mitgetheilt werden. Man bemerkt dann, dafs der trübe Theil fast bis zur Oeffnung emporsteigt.

Wenn man z. B. dicht bei dem Strahl mittelst eines Bogens eine Glocke (*timbre*) oder Stimmgabel ertönen läfst, die im Einklang steht mit dem Ton, welchen der Strahl beim Auffallen auf einen tonverstärkenden Körper giebt, und man sich die Länge des klaren Theils aufzeichnet; wenn man dann den Fufs der Glocke oder Stimmgabel sanft mit den Wänden des Gefäfses in Berührung bringt oder auf das Gestell dieses Gefäfses setzt, so steigen die Bäuche des trüben Theils bald höher als sie gestiegen seyn würden, wenn die Bewegung durch die Luft mitgetheilt worden wäre. Noch mehr, wenn der dem Strahle eigene Ton nicht im Einklang steht mit dem der Glocke, kann er darauf zurückgeführt werden, selbst wenn der Unterschied in der Schwingungs-Anzahl so grofs ist, um das Intervall von einer Quinte höher und das von einer Octave tiefer als der eigenthümliche Ton des Strahls zu erzeugen.

Ist der Ton der Glocke oder Stimmgabel sehr stark und genau im Einklang mit dem, welcher am stärksten auf den Wasserstrahl einwirkt, so reducirt sich der klare und durchsichtige Theil desselben fast auf Nichts, d. h. die ringförmigen Anschwellungen erlangen schon in sehr kleinem Abstande von der Oeffnung ein merkliches Volum. Die Periode der Tropfen-Aussendung ist dann so regelmäfsig und der Punkt, wo sie sich von dem zusammenhängenden Theil ablösen, ist so scharf bestimmt, dafs sie sich alle, bei Ankunft in denselben Punkten des von ihnen durchlaufenen Raums, die nämlichen Phasen ihrer Oscillationen durchlaufen, so dafs die Bäuche, welche sie erzeugen, nicht trübe und blättrig aussehen, sondern so klar und so ruhig erscheinen, wie wenn sie aus einer zusammenhängenden Substanz beständen. — Siehe Fig. 5

(Taf. III Bd. XXXI), welche denselben Strahl wie Fig. 1 darstellt, nur mit dem Unterschied, daſs er (bei Fig. 5) unter dem Einfluſs der Vibrationen einer Stimmgabel stand.

Diese ungemeine Regelmäſsigkeit erlaubt, im Innern der Bäuche und längs der Richtung der Axe des Strahls die Reihe kleiner Tropfen, welche zwischen die gröſseren eingeschaltet sind, sehr deutlich wahrzunehmen. Man kann alsdann erkennen, daſs diese kleineren Tropfen gleichfalls der Sitz kleiner Oscillationen sind, und auch Bäuche bilden, aber kürzere als die, zu welchen die gröſseren Tropfen Anlaſs geben. Die Durchmesser dieser letzteren Bäuche sind fast doppelt so groſs als die Knoten zwischen ihnen. Was sich aber nicht mit dem Riemen-Apparat entdecken läſst, weil die Breite der weiſsen Zonen in einem gewissen Verhältniſs zum Durchmesser der Tropfen stehen muſs, ist: das beständige Daseyn einer dritten Reihe auſserordentlich kleiner Tropfen, welche zwischen die beiden vorher genannten eingeschaltet sind, und auch während ihres Falles Oscillationen vollführen. Häufig bemerkt man, daſs diese kleinen Tropfen zur Axe des Strahls hinausgestoſsen werden, und einen Strahl für sich bilden, welcher eine parabolische Curve beschreibt in einer Verticalebene, die zuweilen auf einige Augenblicke still steht, gewöhnlich aber um den Hauptstrahl in einer Oscillation begriffen ist, zuweilen gar in einer vollständigen Umdrehung, bald in diesem, bald in jenem Sinn.

Wenn man, während der Strahl unter dem Einfluſs der Vibrationen eines tönenden, den Behälter berührenden Körpers steht, diesem Strahle einen dicken, für sich nicht vibrationsfähigen Körper, z. B. einen Holzwürfel, darbietet, so erzeugt der Stoſs der Tropfen einen Ton, welcher beständig mit dem des tönenden Körpers im Einklang steht, und der von weit beträchtlicherer Stärke ist, wenn der gestoſsene Körper der Mitte eines Bauchs ent-

spricht als wenn er die Mitte eines Knotens durchschneidet. Diefs erklärt sich übrigens leicht, weil im ersten Fall die Tropfen die Gestalt eines von oben nach unten abgeplatteten Ellipsoids haben, und sie dem zufolge den Körper mit einer gröfseren Fläche und schärfer schlagen, während sie im zweiten Fall die Gestalt eines in senkrechter Richtung verlängerten Ellipsoids besitzen, ihr Stofs also auf eine kleinere Fläche geschieht und eine längere Dauer besitzt. Die Höhe des so erzeugten Tons bleibt aber constant, welchem Bauche auch der gestofsene Körper entsprechen mag. Genau gleich fand ich sie bei den ersten zehn Bäuchen, mit einer Oeffnung von 3 Millimet. Durchmesser.

Diese Versuche zeigen demnach deutlich, dafs es die Wirkung auf die Wände des Behälters oder auf die darin enthaltene Flüssigkeit ist, wodurch die Schallwellen die Dimensionen und das Ansehen der Flüssigkeitsstrahlen auf eine so merkwürdige Weise abändern. Aus der Gesammtheit der angeführten Thatsachen können wir demnach schliefsen, dafs die Ursache des periodischen Zustands der Wasserstrahlen entweder in den beim Durchgang der Flüssigkeit durch die Oeffnung stattfindenden Umständen, oder in den Erzitterungen des die Flüssigkeit enthaltenden Gefäfses begründet ist, Erzitterungen, die entweder durch Reibung des Strahls gegen den Rand der Oeffnung oder durch die Wirkung von Schallwellen, die sich in irgend einer Periode unaufhörlich durch die Luft und feste Körper fortpflanzen, erregt werden.

§. XII.

Um endlich zu entscheiden, welcher unter diesen Umständen wirklich den Zustand des Strahls hervorruft, mufs man offenbar damit anfangen, den Behälter vor jeder Art von fremdartiger Erschütterung zu schützen, besonders vor jeder Einwirkung regelmäfsiger Schallwellen, vor allem solcher, deren Periode gleich ist mit der der Aussendung der Tropfen. Diese Bedingung ist aber schwer

zu erfüllen, vor allem in einer grofsen Stadt, wo ein tausendfaches Geräusch unaufhörlich durch die Luft und den Boden fortgepflanzt wird. Nichtsdestoweniger kann man mindestens theilweis zum Ziel gelangen, zunächst dadurch, dafs man zwischen dem Behälter und seinem Gestell, so wie zwischen den Füfsen des Gestells und dem Boden, Kissen aus weichen, wenig elastischen Substanzen, z. B. aus mehren Lagen Tuch, anbringt; — dann indem man zwischen dem Boden und dem unteren Behälter, welcher den Strahl auffängt, ein ähnliches Kissen anbringt, um so zu verhindern, dafs der periodische Stofs der Tropfen gegen das im unteren Behälter aufgefangene Wasser sich nicht dem oberen Behälter mittheile; — und endlich, indem man den Strahl auf ein sehr dickes Brett fallen läfst, welches im unteren Behälter fast senkrecht, sehr wenig gegen die Axe des Strahls geneigt, aufgestellt ist.

Bei diesen Anordnungen kann der Stofs des trüben Strahltheils keine Töne von solcher Stärke erzeugen, dafs sie auf den Behälter rückwirken. Ueberdiefs werden alle durch den Boden zugeleiteten Erschütterungen bedeutend vernichtet, und es bleibt nur die Wirkung der durch die Luft hinzukommenden Schallwellen übrig; allein da diese Wirkung weder kräftig noch anhaltend ist, so kann man sie vernachlässigen.

Hat man nun den Apparat in diese Umstände versetzt und die Ebene der Oeffnung horizontal gestellt, so dafs der Wasserstrahl genau vertical sey, so ist der klare und zusammenhängende Theil des Strahls bedeutend verlängert und ausgezogen; er erscheint vollkommen ruhig und endet in einem trüben Theil, welcher ihn auf eine ziemlich grofse Strecke einhüllt und keine Spur mehr von regelmäfsig aus einander liegenden Bäuchen darbietet; man gewahrt darauf blofs sehr schwache Buckel (*Bossellures*), die ihre Stellung unaufhörlich ändern. Es folgt daraus, dafs die Tropfen, wenn sie sich aufser allem

fremdartigen Einflufs bilden und ablösen, keine wahrnehmbaren Schwingungen während ihres Falles ausführen. Der Durchmesser des trüben Strahltheils beträgt alsdann nur etwa zwei Drittel von dem der Bäuche, welche man an diesem nämlichen Theil beobachtet, wenn der Behälter der Wirkung einer Schwingungsbewegung unterworfen ist. — Siehe Fig. 6 (Taf. III Bd. XXXI), welche denselben Strahl wie Fig. 1 darstellt, mit dem Unterschiede, dafs er (Fig. 6) vor dem Einflufs von Vibrationen geschützt ist.

Wenn man bei diesem Zustande des Wasserstrahls dem Stofse seines trüben Theils eine ausgespannte Membrane darbietet, so erzeugt sich sogleich ein Ton, genau derselbe, welchen der Strahl unter derselben Druckhöhe würde hören lassen, ehe der Behälter isolirt ward. Der trübe Theil wird dicker, Bäuche, und zwar sehr regelmäfsige, treten auf, und gleichzeitig nimmt die Länge des zusammenhänden Theils bedeutend ab. Analoge Resultate erhält man, wenn man in der Nähe des Behälters auf einem Saiteninstrumente verschiedene Töne angiebt, aber immer ist es einer unter diesen Tönen, welcher einen gröfseren Einflufs als die übrigen ausübt. Berührt man endlich den Behälter mit dem Fufs einer zuvor in Schwingung versetzten Glocke oder Stimmgabel, so können fast alle Töne den Zustand des Strahles abändern, aber mit desto geringerer Stärke als sie entfernter sind von dem diesem Strahle eigenthümlichen Ton.

Der periodische Zustand der Flüssigkeit an der Oeffnung selbst ist demnach unabhängig von den Vibrationsbewegungen, welche dem Behälter und der gesammten Flüssigkeitsmasse mittelst der ihnen durch die Luft und die festen Körper zugeführten Schallwellen mitgetheilt werden, weil in Abwesenheit aller Bewegung dieser Art so gut wie bei Anwesenheit derselben der Stofs des trüben Strahltheils genau denselben Ton erzeugt, und weil überdiefs Schallwellen von gleicher Periode mit der, wel-

che die Aussendung der Tropfen regulirt, weit kräftiger auf den Strahl einwirken als die Wellen einer andern Periode. Wenn aber auch die Einwirkung von Schallwellen auf den Behälter oder die Flüssigkeitsmasse nicht die Ursache des periodischen Zustands des Strahles ist, so ist es nichts destoweniger einleuchtend, dafs sie die Stärke der oscillatorischen Bewegung abändern kann, dafs sie den zusammenhängenden Theil bedeutend zu verkürzen vermag, und endlich, dafs ihr Einflufs selbst so weit gehen kann, dafs dadurch die Periode der an der Oeffnung stattfindenden Oscillationen abgeändert wird.

(Schlufs in nächster Lieferung.)

XLV. *Erfahrungen über das Sehen; von Mifs Mary Griffiths.*

Mifs Mary Griffiths hat im *Philosophical Magazine* (*Jan.* 1834, *p.* 43) eine sonderbare Beobachtung über das Sehen bekannt gemacht, nämlich die: dafs wenn die Augen, nachdem sie im Dunkeln waren, plötzlich von einem etwas starken, durch die Augenlieder eindringendem Lichte getroffen werden, man auf einem gelblichen Grunde eine Reihe ziegelrother Striche erblickt, die sich rechtwinklig kreuzen, fast wie die Maschen eines Netzes. Bald darauf werden die Striche gelblich und der Grund dagegen ziegelroth. Nach Angabe der Mifs Griffiths sieht man diese Erscheinung nur des Morgens, beim Aufwachen, wenn man bei verschlossenen Augen die Fensterläden eines dunkeln Zimmers öffnet. Ich habe diefs Phänomen indefs auch ohne diese Vorkehrungen bemerkt, habe die Quadrate sich bilden sehen in einem Zimmer, zu dem das Licht freien Zugang hatte, habe sie, nach absichtlicher Unterbrechung, zwei bis drei Mal hinter einander entstehen sehen. Mifs Griffiths sagt, dafs die

Erscheinungen wechseln nach dem Zustand der Gesundheit, nach der Menge des durch die Augenlieder eindringenden Lichts und nach der Tageszeit der Beobachtung. Nach einem Mittagsschlummer sah ich keine Striche, wohl aber die sie trennenden Quadrate oder Zwischenräume, anfangs dunkel, darauf schwach gefärbt. In der Mitte eines jeden Quadrats erblickt man oftmals einen hellen Stern auf gelbem Grunde; wenn die Farbe des Grundes sich ändert, verschwindet der Stern. Ein sanfter Druck auf die Augen entstaltet die Linien zwischen den Quadraten und giebt ihnen eine wellenförmige Bewegung. Miſs Griffiths glaubt aus diesem Versuche schlieſsen zu dürfen, *daſs das Auge nicht der alleinige Sitz des Sehens sey;* sie glaubt, die beobachteten Linien entständen aus der Beschaffenheit der Netzhaut. Die Versuche der Miſs Griffiths scheinen keine Beziehung zu haben mit denen des Hrn. Purkinje, durch welche man die Verästelungen der vor der Netzhaut befindlichen Blutgefäſse sieht; sie scheinen auch keinen Zusammenhang zu haben mit irgend einer bekannten Beobachtung über die Structur des Auges, ausgenommen vielleicht die von mir selbst gemachte [1]), bei welcher man, nach einem symmetrisch auf beide Augen ausgeübten Druck, eine Reihe Figuren erblickt, die immer *von gleicher Gestalt* und *in gleicher Ordnung* erscheinen. Man sieht dann nicht Gevierte, sondern Rauten, auf Linien liegend, die fast so gekrümmt sind wie die, welche Miſs Griffiths entstehen sah, wenn sie die Augen ein wenig drückte. Die von mir beschriebene Beobachtung schlieſst sich auch in sofern an die des Hrn. Purkinje, als das *Foramen centrale* genau der Mittelpunkt der Symmetrie bei den von mir beobachteten Figuren zu seyn scheint, und diese Bemerkung ist auch seitdem im Maiheft 1834 des *Philosophical Magazine's* gemacht (Hr. Quetelet in seiner *Correspond. mathématiq. et physiq. T. VIII p.* 215).

1) Annal. Bd. XXXI S. 494.

XLVI. *Ueber das Sehen; von Hrn. Aimée.*

Hat man ein schwarzes Pünktchen auf Papier gemacht und bringt nun zwischen dieses und das Auge einen Nadelknopf, so gewahrt man auf dem Ende dieses Knopfs deutlich drei bis vier oder mehre schwarze Punkte. Diese Punkte verändern ihre Lage, je nachdem das Auge mehr oder weniger Anstrengungen macht, den etwa zwei oder drei Zoll von ihm entfernten Nadelknopf zu betrachten. In je gröfserer Entfernung der Punkt sich befindet, vorausgesetzt nur, dafs das Auge ihn noch deutlich erkenne, desto leichter gelingt der Versuch. Zieht man plötzlich den Nadelknopf fort, so bleibt das Bild gewöhnlich noch eine gewisse Zeit beharren, hierauf nähern sich die Punkte und zuletzt fliefsen sie in einander. Dieser zweite Theil des Versuchs ist etwas schwierig zu beobachten; denn soll er gelingen, mufs das Auge sich in derselben Disposition erhalten, in welcher es sich bei Betrachtung des Nadelknopfs befand, und immer sucht es eine andere zu nehmen, diejenige nämlich, welche das deutliche Sehen des Punkts erfordert.

In gewissen Fällen stellt sich die Erscheinung von selbst ein; dann ist das Auge krank und sieht die Gegenstände immer doppelt oder dreifach. Ein Mittel, diese Schwäche zu heben, besteht darin, dafs man in einer Karte ein Löchelchen macht und durch dasselbe sieht. Hält man bei dem obigen Versuch eine Karte mit einem kleinen Loch vor das Auge, so erblickt man nichts dem Beschriebenen Aehnliches mehr.

Hält man statt des Nadelknopfs eine Karte mit einem kleinen Loch vor das Auge, so zeigt sich eine andere Klasse von Erscheinungen; allein nur dann, wenn man der Karte eine geringe Oscillationsbewegung ertheilt. Nimmt man an, wie es gewöhnlich geschieht, dafs im Auge Theile von unterschiedener Empfindlichkeit für das Licht vorhanden sind, so giebt man damit auch von selbst

zu, daſs es Theile gebe, bei denen die Dauer der Empfindung gröſser ist als bei andern. Ist dem aber so, so ist es auch klar, daſs ein vor dem Auge in Schwingung versetzter Körper, diese verschiedenen Theile des Auges verschiedentlich ergreifen müsse. Eine Karte mit einem Loch eignet sich gut zu dem Versuche, weil das Auge successiv aus einem ziemlich hellen Lichte in eine ziemlich vollständige Dunkelheit versetzt wird. Die der Karte zu gebende Oscillation muſs nach der mittleren Dauer eines Gesichtseindrucks, die 0,4 Secunde beträgt, berechnet werden. Man gewahrt dann eine groſse Anzahl kleiner Figuren, wie grauliche Gefäſse aussehend, die sich in andere weit kleinere verzweigen.

Wenn man endlich statt durch ein kleines Loch zu sehen, vor das Auge eine Karte hält, in welche mit einem Federmesser ein schmaler horizontaler Schlitz geschnitten ist, so gewahrt man nichts, auſser den schwarzen Strichen, welche, wie Hr. Peclet beobachtet, ihre Anzahl und Lage mit der Entfernung des Auges von der Karte ändern [1]). Diese sind aber nicht fest, wie derselbe behauptet; denn wenn man die Spalte horizontal hält, so daſs sie ihre Lage nicht ändern kann, und man auch dafür sorgt, daſs das Auge sich nicht bewegen kann, die Augenlieder (*paupières*) aber frei läſst, was leicht ist, da man nur zu blinzeln braucht, so sieht man bald viele und ziemlich dicke Striche erscheinen, welche, wie man mit einiger Aufmerksamkeit leicht bemerken kann, nach und nach abnehmen und zuweilen ganz verschwinden. Daraus ist zu schlieſsen erlaubt, daſs die Striche nicht fest sind, sondern gröſstentheils von der Feuchtigkeit auf der Oberfläche des Auges herrühren. Hält man die Spalte vertical, so ist man Täuschungen ausgesetzt, weil die Augenwimpern für sich schon recht schwarze und ziemlich feste Striche hervorbringen. — Zuletzt spricht Hr. A. noch von den durchscheinenden Kügelchen, die man beim Hindurchsehen durch einen Schlitz vor sich zu erblicken glaubt, und die wie durch ihr Gewicht herabzusinken scheinen. Man erblickt sie auch noch, wenn man mit geschlossenen Augen in die Sonne sieht, und deshalb hält Hr. A. es für wahrscheinlich, daſs sie sich im Innern des Auges befinden (*Ann. de chim. et de phys. T. LVI p.* 108).

1) Die Beobachtung des Hrn. Peclet soll nächstens mitgetheilt werden. P.

1834. ANNALEN №. 31.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

XLVII. *Siebente Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Hrn. M. Faraday.*

(Schlufs.)

G. Ueber die Bestimmtheit und den Bereich der elektro-chemischen Zersetzung.

783) In der dritten Reihe dieser Untersuchungen [1]) habe ich, nachdem ich die Einerleiheit der aus verschiedenen Quellen herstammenden Elektricität bewiesen, und durch Messungen die aufserordentliche Menge der in einem sehr schwachen voltaschen Apparat (371. 376) entwickelten Elektricität dargethan, ein aus Versuchen hergeleitetes Gesetz aufgestellt, welches mir für die Elektricitätslehre überhaupt, und für den Elektrochemie genannten Zweig derselben insbesondere, von der äufsersten Wichtigkeit zu seyn schien. Diefs Gesetz drückte ich so aus: *Die chemische Kraft eines elektrischen Stroms ist direct proportional der absoluten Menge von durchgegangener Elektricität* (377).

784) Im weiteren Verfolg der Untersuchungen habe ich oft Gelegenheit gehabt mich auf dasselbe Gesetz zu zu beziehen, zuweilen unter Umständen, welche kräftige Bestätigungen seiner Wahrheit lieferten (456. 504. 505), und auch die gegenwärtige Reihe liefert viele neue Fälle, in welchen es sich als gültig erweist (704. 722. 726. 732). Jetzt ist meine Absicht, diesen wichtigen Satz näher zu betrachten und einige der Folgerungen, zu welchen er führt, ausführlich zu entwickeln. Damit der Beweis deutlicher und anwendbarer werde, will ich Fälle von Zersetzungen

1) Annalen, Bd. XXIX S. 378.

anführen, welche möglichst wenig zu secundären Resultaten Anlafs geben, und bei Körpern von grofser Einfachheit aber vieler Bestimmtheit in ihrer Natur stattfinden.

785.) Zuvörderst betrachte ich das Gesetz als so völlig erwiesen für die Zusammensetzung des *Wassers*, und unter Umständen, die möglicherweise einen Einflufs auf dasselbe hätten ausüben können, dafs ich es für überflüssig halte, hier noch diesethalb in ein weiteres Detail einzugehen oder gar die Resultate aufzuzählen (732). Ich verweise deshalb auf diejenige Abtheilung dieser Untersuchungen, welche von dem *Volta-Elektrometer* handelt (S. 316 dieses Bandes).

786.) Dann betrachte ich das Gesetz auch als erwiesen für die *Salzsäure*, und zwar durch die Versuche und Gründe, welche ich bei dieser Substanz in dem Abschnitt von den primären und secundären Resultaten angeführt habe (758 u. ff.).

787.) Ferner betrachte ich das Gesetz auch als erwiesen für die *Jodwasserstoffsäure*, gemäfs den bereits in einer früheren Reihe dieser Untersuchung mitgetheilten Versuchen und Betrachtungen (767. 768).

788.) Ohne gerade mit derselben Zuversicht sprechen zu wollen, glaube ich doch aus den beschriebenen und vielen anderen nicht beschriebenen Versuchen mit der Fluorwasserstoff-, Cyanwasserstoff-, Eisencyanwasserstoff- und Schwefelcyanwasserstoffsäure, und aus der großen Analogie dieser Körper mit den Wasserstoffsäuren des Chlors, Jods, Broms u. s. w., (770. 771. 772) schliefsen zu dürfen, dafs auch diese Substanzen unter das nämliche Gesetz gehören und die Richtigkeit desselben beweisen.

789.) In den vorhergehenden Fällen, mit Ausnahme des ersten, ist das Wasser als unwirksam angesehen; um aber jeden Zweifel, der aus der Gegenwart desselben entspringen könnte, zu vermeiden, suchte ich Substanzen auf, die ganz frei von demselben seyen. Mit Zuhülfeziehung des bereits entwickelten Gesetzes der Leitung

(300 u. ff.) fand ich auch bald viele, unter denen das *Zinnchlorür* zuerst und auf folgende Weise der Zersetzung unterworfen wurde. Ein Platindraht (*piece of platina*), der an einem Ende zu einem Knöpfchen aufgerollt und sorgfältig gewogen worden, wurde in eine Röhre von Bouteillenglas hermetisch eingesiegelt, so dafs der Knopf sich am Boden der Röhre befand (Fig. 13 Taf. III); dann wurde die Röhre an einen Platindraht aufgehängt, damit sie durch eine Weingeistflamme erhitzt werden konnte. Nun brachte ich frisch geschmolzenes Zinnchlorür hinein, in solcher Menge, dafs es, wenn es flofs, die Röhre zur Hälfte füllte. Den Draht der Röhre (*wire of the tube*) verband ich mit einem Volta-Elektrometer (711), das seinerseits mit dem negativen Ende einer voltaschen Batterie in Verbindung stand; und einen Platindraht, der am positiven Ende derselben Batterie befestigt war, tauchte ich in das geschmolzene Chlorür der Röhre; er war so gebogen, dafs er bei etwaigem Zittern der Hand oder des Apparats nicht die negative Elektrode am Boden des Gefäfses berühren konnte. Die ganze Vorrichtung ist in Fig. 14 Taf. III abgebildet.

790) Unter diesen Umständen wurde das Zinnchlorür zersetzt. Das an der positiven Elektrode entwickelte Chlor bildete Zinnchlorid (779), welches in Dämpfen davon ging, und das an der negativen Elektrode ausgeschiedene Zinn verband sich mit dem Platin, eine Legirung bildend, welche bei der Temperatur, der die Röhre ausgesetzt ward, schmolz, und deshalb niemals eine metallische Verbindung ganz durch das zersetzt werdende Chlorür bildete. Nachdem der Versuch so lange fortgesetzt worden, dafs er in dem Volta-Elektrometer eine gehörige Menge Gas gegeben hatte, wurde die Batterie geöffnet, die positive Elektrode entfernt, und die Röhre mit dem übrig gebliebenen Chlorür erkalten gelassen. Als sie kalt war, wurde die Röhre zerbrochen, wo sich dann das Chlorür und das Glas leicht von dem Platin-

draht und dessen Knopf von Legirung ablösen liefs. Der letztere, nach dem Abwaschen gewogen, gab durch seine Gewichtszunahme die Menge des reducirten Zinns.

791) Zur Erläuterung der Anstellungsweise dieses und anderer Versuche, deren Resultate ich anzuführen Gelegenheit nehmen werde, will ich die Einzelheiten eines solchen Versuches angeben. Die negative Elektrode wog anfangs 20 Gran; nach dem Versuch wog sie mit ihrem Knopf von Legirung 23,2 Gran. Das durch den elektrischen Strom an der *Kathode* entwickelte Zinn wog demnach 3,2 Gran. Die Menge des in dem Volta-Elektrometer gesammelten Sauerstoffs und Wasserstoffs war =3,85 Kubikzoll. Da 100 Kubikzoll Wasserstoff und Sauerstoff in dem zur Wasserbildung erforderlichen Verhältnifs etwa 12,92 Gran wiegen, so würden die 3,85 Kubikzoll 0,49742 Gran wiegen, und diefs wäre demnach das Gewicht des Wassers, welches derselbe elektrische Strom zersetzte, der im Stande war so viel Zinnchlorür, als 3,2 Gran metallischen Zinns liefert, zu zersetzen. Nun ist 0,49742 : 3,2 :: 9 (das Aequivalent des Wassers) 57,9, welche letztere Zahl demnach das Gewicht des Zinns seyn würde, wenn der Versuch fehlerfrei angestellt, und die elektro-chemische Zersetzung *in diesem Fall auch bestimmt* wäre. In einigen chemischen Werken wird das Aequivalent zu 58 angegeben, in andern zu 57,9. Beide kommen dem obigen Resultat so nahe, und der Versuch selbst ist so geringen Ursachen zur Veränderung unterworfen (wie z. B. die aus der Absorption des Gases im Volta-Elektrometer (716) u. s. w.), dafs die Zahlen wenig Zweifel übrig lassen hinsichtlich der Anwendbarkeit des *Gesetzes der festen Action* in diesen und allen ähnlichen Fällen von elektro-chemischer Zersetzung.

792) Nicht oft habe ich in den Zahlen eine solche Uebereinstimmung erhalten wie in dem eben angeführten Fall. Bei vier Versuchen schwankten die im Volta-Elektrometer entwickelten Gasmengen von 2,95 bis 10,29 Ku-

bikzoll. Das Mittel aus diesen vier Versuchen gab 58,53 für das elektro-chemische Aequivalent des Zinns.

793) Das nach dem Versuche übrig gebliebene Chlorzinn war reines Chlorür, und Keiner wird nur einen Augenblick zweifeln, dafs an der *Anode* das Aequivalent Chlor entbunden ward, da sich als secundäres Resultat Zinnchlorid bildete und davon ging.

794) Auf eine ähnliche Weise wurde mit *Bleichlorid* experimentirt, aufser dafs die positive Elektrode von anderer Substanz genommen wurde. Denn da das an der *Anode* entbundene Chlor kein höheres Bleichlorid bildet, sondern auf das Platin wirkt, so würde es, falls man Platin anwendete, eine Lösung von dem Chloride dieses Metalls in dem Bleichlorid erzeugen, und dem gemäfs eine Portion Platin zu der *Kathode* überführen, wodurch das Resultat fehlerhaft werden würde. Ich suchte deshalb nach, und fand in dem Graphit eine Substanz, die mit Sicherheit als positive Elektrode in solchen Körpern, wie Chloride, Jodide u. s. w., angewandt werden kann. Chlor und Jod wirken nicht auf den Graphit, sondern werden isolirt entwickelt. Unter jenen Umständen hat auch der Graphit keine Wirkung auf geschmolzenes Chlorid oder Jodid, in das er getaucht wird. Selbst wenn durch die Hitze oder die mechanische Wirkung des entwickelten Gases einige Flitterchen Graphit abgelöst werden sollten, können sie dem Chlorid nicht schaden.

795) Das Mittel aus 3 Versuchen gab die Zahl 100,85 als das Aequivalent des Bleis. Das chemische Aequivalent ist 103,5. Den Fehler meines Versuchs schreibe ich der theilweisen Lösung des Gases in dem Volta-Elektrometer (716) zu; allein die Resultate lassen für mich keinen Zweifel übrig, dafs Blei und Chlor in diesem Falle durch die Wirkung einer gegebenen Menge Elektricität (814) in fest *bestimmter Menge* entwickelt worden sind.

796) *Antimonchlorid.* Es war bei der Bemühung,

das elektro-chemische Aequivalent des Antimons aus dessen Chlorid herzuleiten, dafs ich in einem früheren Theil dieser Untersuchungen auf die Anwesenheit von Wasser in dieser Verbindung schlofs (690. 693 ff.).

797.) Ich bemühte mich mit *Bleioxyd* zu experimentiren, welches durch Schmelzen und Glühen des salpetersauren Salzes in einem Platintiegel erhalten worden war, stiefs aber dabei auf grofse Schwierigkeiten, wegen der zur vollkommenen Schmelzung erforderlichen Temperatur, und wegen der grofsen Lösekraft (*fluxing qualities*) dieses Oxyds. Röhren von grünem Glase zeigten sich wiederholentlich als untauglich. Zuletzt schmolz ich das Oxyd in einem kleinen Porcellantiegel, der im Kohlenfeuer stark erhitzt wurde; und da es wesentlich war, dafs das Blei an der *Kathode* unterhalb der Oberfläche ausgeschieden wurde, ward die negative Elektrode bekleidet mit einer Röhre von grünem Glase, so an dieselbe angeschmolzen, dafs nur der Knopf des Platins am unteren Ende (Fig. 15 Taf. III) entblöfst blieb, damit dieser unter die Oberfläche gebracht, und dadurch alle Luft oder deren Sauerstoff von dem daselbst reducirten Blei ausgeschlossen werden konnte. Als positive Elektrode wurde ein Platindraht angewandt, da derselbe von dem an ihm entwickelten Sauerstoff nicht angegriffen werden konnte. Die ganze Vorrichtung zeigt Fig. 16 Taf. III.

798.) Bei solch einem Versuche fand sich das Aequivalent für das Blei =93,17. Diefs war sehr viel zu klein, vermuthlich, weil die positive und die negative Elektrode einander in dem Bleioxyde zu nahe standen, wodurch der von dem Sauerstoff an der *Anode* gebildete Schaum hin und wieder leicht das an der *Kathode* reducirte Blei berühren und wieder oxydiren konnte. Als ich mich bemühte, diese Fehlerquelle durch Anwendung einer gröfseren Menge Bleioxyd zu beseitigen, so veranlafste die stärkere Hitze, die nöthig war, um dieselbe in Flufs zu erhalten, eine schnellere Wirkung auf den Tiegel; der-

selbe wurde bald durchgefressen und damit der Versuch unterbrochen.

799) Bei einem Versuche dieser Art gebrauchte ich borsaures Blei (408. 673). Unter dem Einfluss des elektrischen Stroms wurde dabei an der *Anode* Blei und an der *Kathode* Sauerstoff abgeschieden; und da die Borsäure bei der Operation weder direct (408) noch zufällig zersetzt wird, vermuthete ich, dafs das Resultat von dem Bleioxyd herrührte. Das borsaure Bleioxyd ist kein so heftiges Flufsmittel als das Bleioxyd, allein es erfordert zu seiner vollen Schmelzung eine höhere Temperatur; und wenn es nicht sehr heifs ist, bleiben die Sauerstoffblasen an der positiven Elektrode hängen, und verzögern den Durchgang der Elektricität. Das Aequivalent für das Blei ergab sich zu 101,29, so nahe an 103,5, dafs die Wirkung des Stroms öffenbar eine bestimmte war.

800) *Wismuthoxyd.* — Diese Substanz erforderte, fand ich, eine zu hohe Temperatur, und wirkte als Flufsmittel zu kräftig, als dafs ich mit demselben bei der geringen Mufse und Sorgfalt, die darauf verwendet werden konnte, einen Versuch hätte anstellen können.

801) Nun wurde das gewöhnliche *Antimonoxyd*, bestehend aus einem Proportional Metall und anderthalb Proportionalen Sauerstoff dem elektrischen Strome unterworfen, in einer grünen Glasröhre (789), die in Platinblech eingehüllt und im Kohlenfeuer erhitzt worden. Die Zersetzung begann, und ging anfänglich ganz gut, scheinbar in Uebereinstimmung mit dem allgemeinen Gesetze (679. 697) zeigend, dafs dieses Oxyd eine Verbindung von solchen Elementen und in solchem Verhältnisse sey, die unter die Herrschaft des elektrischen Stroms gebracht werden könne. Dieser Erfolg kann, wie ich bereits wahrscheinlich zu machen suchte, herrühren von der Anwesenheit des wahren Oxyds, bestehend aus gleich viel Proportionalen seiner Bestandtheile (693. 696). Die Wirkung verminderte sich aber bald und hörte endlich ganz

auf, weil sich an der positiven Elektrode ein höheres Antimonoxyd bildete. Diese Verbindung, wahrscheinlich Antimonsäure (*peroxide*), war unschmelzbar und in Antimonoxyd unlöslich; sie bildete deshalb eine krystallinische Kruste um die positive Elektrode, isolirte dieselbe und verwehrte dadurch der Elektricität den Durchgang. Ob sie, wenn sie schmelzbar und löslich gewesen wäre, zersetzt worden seyn würde, ist zweifelhaft, da sie von der erforderlichen Zusammensetzung abweicht (697). Sie war ein sehr natürliches secundäres Product an der positiven Elektrode (779). Beim Oeffnen der Röhre ergab sich, dafs an der negativen Elektrode ein wenig Antimon abgeschieden worden war, allein in zu kleiner Menge, als dafs ein quantitatives Resultat hätte damit erlangt werden können.

802) *Bleijodid.* — Mit dieser Substanz kann man in Röhren über einer Weingeistflamme experimentiren (789); allein ich erhielt keine guten Resultate mit ihr, ich mochte positive Elektrode von Platin oder Graphit anwenden. Bei zwei Versuchen ergaben sich mir für das Blei-Aequivalent die Zahlen 75,46 und 73,45 statt 103,5. Diefs leitete ich davon ab, dafs sich an der positiven Elektrode Hyperjodid bildete, sich in dem flüssigen Jodid löste, dadurch mit dem an der negativen Elektrode abgeschiedenen Blei in Berührung kam, dasselbe auflöste und dadurch seinerseits wiederum zum einfachen Jodid wurde. Solch ein Hyperjodid giebt es; sehr selten kann ein durch Fällung dargestelltes und wohl gewaschenes Jodid geschmolzen werden, ohne dafs sich nicht, aus anwesendem Hyperjodid, Jod entwickelte. Selbst durch blofses Zusammenreiben vom Jodid mit Jod bildet sich eine Portion Hyperjodid. Und wiewohl diefs zersetzt wird, wenn man es schmilzt und einige Minuten lang dunkelroth glüht, so ist damit doch nicht ganz die Möglichkeit ausgeschlossen, dafs ein Wenig von dem, welches sich im grofsen Ueberschufs von Jod an der

Anode gebildet hatte, durch rasche Ströme in der Flüssigkeit bis an die Kathode geführt wurde.

803) Diese Ansicht von den Resultaten wurde durch einen dritten Versuch verstärkt, bei welchem der Abstand zwischen den Elektroden bis zu einem Drittelzoll vergröfsert wurde. Denn nun waren die störenden Wirkungen sehr verringert, und die Zahl für das Blei ergab sich =89,04. Völlig bestätigt wurde diefs durch die Resultate, welche in den sogleich zu beschreibenden Fällen (818) von Ueberführung erhalten wurden.

Die Versuche mit Bleijodid bieten daher keine Ausnahme von dem in Rede stehenden *allgemeinen Gesetze* dar, sondern können, nach allgemeinen Betrachtungen, als in dasselbe eingeschlossen betrachtet werden.

804) *Zinnchlorür.* — Geschmolzen leitet es den elektrischen Strom und wird von demselben zersetzt; an der *Anode* scheidet sich Zinn aus, und an der *Kathode*, als secundäres Resultat, Zinnchlorid (779. 790). Die zu seiner Schmelzung erforderliche Temperatur ist zu hoch, als dafs es Producte liefern konnte, die zur Wägung geschickt gewesen wären.

805) Nun wurde *Jodkalium* in einer Röhre (Taf. III Fig. 13) der elektrolytischen Action ausgesetzt (789). Die negative Elektrode bestand aus einem Bleikügelchen; mittelst dieses hoffte ich das Kalium zurückzuhalten, und Resultate zu bekommen, die gewägt und mit den Angaben des Volta-Elektrometer verglichen werden könnten. Allein die aus der erforderlichen hohen Temperatur entspringenden Schwierigkeiten, die Wirkung auf das Glas, die durch das anwesende Blei veranlafste Schmelzbarkeit des Platins und andere Umstände hinderten mich dergleichen Resultate zu bekommen. Wie in den früheren Fällen wurde das Jodid zersetzt, unter Abscheidung von Jod an der *Anode* und von Kalium an der *Kathode*.

806) Bei einigen dieser Versuche wurden mehre Substanzen neben einander angebracht und gleichzeitig

durch einen nämlichen elektrischen Strom zersetzt. So liefs ich den Strom gleichzeitig auf Zinnchlorür, Bleichlorid und Wasser einwirken. Es ist überflüssig zu sagen, dafs die Resultate vergleichbar waren, dafs Zinn, Blei, Chlor, Sauerstoff und Wasserstoff in fester und den elektro-chemischen Aequivalenten entsprechender Menge entwickelt wurden.

807). Wenden wir uns nun zu einer andern Art von Erweise der *festen chemischen Action der Elektricität.* Gäbe es irgend einen Umstand von Einflufs auf die Menge der bei elektrolytischer Action entwickelten Substanzen, so sollte man denken, würde er eintreten, wenn Elektrode von verschiedenen Substanzen, begabt mit sehr ungleicher chemischer Verwandtschaft zu den entwickelten Körpern, angewandt würden. Platin hat in verdünnter Schwefelsäure kein Vermögen sich mit dem Sauerstoff an der Anode zu verbinden, wiewohl der letztere im Entstehungszustande an ihr entwickelt wird. Kupfer andererseits verbindet sich sogleich mit dem Sauerstoff, so wie es mittelst des Wasserstoffs durch den elektrischen Strom in Freiheit gesetzt wird. Und Zink ist nicht allein im Stande sich mit Sauerstoff zu verbinden, sondern vermag auch denselben, ohne Hülfe der Elektricität, geradezu aus dem Wasser abzuscheiden, unter gleichzeitiger Entwicklung von Wasserstoffgasblasen. Und doch, als diese drei Substanzen nach einander in drei ähnlichen Portionen derselben Schwefelsäure von 1,336 spec. Gew. als Elektroden gebraucht wurden, ward durch den elektrischen Strom genau dieselbe Menge Wasser zersetzt, und genau dieselbe Menge Wasserstoff an den Kathoden in den drei Lösungen in Freiheit gesetzt.

808) Der Versuch ward so angestellt. Portionen von jener verdünnten Schwefelsäure wurden in drei Schalen gegossen, und drei Volta-Elektrometer von der Form Fig. 6 und 7 Taf. III mit derselben Säure gefüllt und in den Schalen umgekehrt, in jeder eins (707). Ein mit

dem positiven Ende einer voltaschen Batterie verbundener Zinkstreif wurde in die erste Schale getaucht, hier die positive Elektrode bildend, und der Wasserstoff, der sich durch directe Einwirkung der Säure reichlich an ihr entwickelte, entweichen gelassen. Ein Kupferstreif, welcher in die Säure der zweiten Schale tauchte, wurde mit den negativen Elektrode der *ersten* Schale verbunden und ein Platinstreif, welcher in die Säure der dritten Schale tauchte, wurde verbunden mit der negativen Elektrode der *zweiten* Schale. Die negative Elektrode der dritten Schale wurde mit einem Volta-Elektrometer verbunden (711) und dieses wiederum mit dem negativen Ende der voltaschen Batterie.

809) Gleich nach dem Schlusse der Kette begann die *elektro-chemische Action* in allen Gefäfsen. Der Wasserstoff stieg in anscheinend unverminderter Menge von der positiven Zink-Elektrode in der ersten Schale auf. An der positiven Kupfer-Elektrode in der zweiten Schale entwickelte sich kein Sauerstoff, wohl aber ward hier schwefelsaures Kupferoxyd gebildet. An der positiven Platin-Elektrode in der dritten Schale entwickelte sich dagegen reines Sauerstoffgas, ohne dafs sie angegriffen wurde. In *allen* Schalen aber war die Menge des an den *negativen* Platin-Elektroden entwickelten Wasserstoffs *gleich* und eben so grofs als das im Volta-Elektrometer entwickelte Wasserstoffvolum, dadurch zeigend, dafs der Strom in allen Gefäfsen eine gleiche Menge Wasser zersetzt hatte. Bei diesem Versuch hatte sich demnach die *chemische Action der Elektricität als vollkommen bestimmt* erwiesen.

810) Ein ähnlicher Versuch wurde mit einer durch ein gleiches Volum Wasser verdünnten Salzsäure angestellt. Die drei positiven Elektrode waren von Zink, Silber und Platin. Der erste vermag *ohne* Hülfe des Stromes Chlor abzuscheiden und sich mit demselben zu verbinden; die zweite kann sich mit dem Chlor nur

nach dessen Abscheidung durch den elektrischen Strom verbinden; und die dritte ist fast ganz unfähig zu einer Verbindung mit demselben. Die drei negativen Elektroden waren wie zuvor Platinstreifen, befestigt in Glasröhren. Bei diesem Versuche, wie bei dem vorhergehenden, war die an den *Kathoden* entwickelte Wasserstoffmenge gleich bei allen, und eben so grofs als die des im Volta-Elektrometer entwickelten Wasserstoffs. Ich habe bereits meine Gründe angeführt, die mich glauben lassen, dafs es die Salzsäure sey, welche direct durch die Elektricität zersetzt wird (764); und die Resultate beweisen, dafs die so zersetzten Mengen *vollkommen bestimmt* sind und proportional der durchgegangenen Elektricitätsmenge.

811) Bei diesem Versuch verzögerte das in der zweiten Schale gebildete Chlorsilber den Durchgang des elektrischen Strome, vermöge des zuvor beschriebenen Leitungs-Gesetzes (394), so dafs es während des Versuchs vier bis fünf Mal abgewaschen werden mufste. Doch dadurch entstand kein Unterschied zwischen dem Resultate dieses Gefäfses und den der andern.

812) Nun wurde Holzkohle sowohl in Schwefel- als in Salzsäure als positive Elektrode gebraucht (808. 810); allein ohne dafs sich dadurch die Resultate veränderten. Eine positive Zink-Elektrode, in schwefelsaurem Natron oder einer Lösung von Kochsalz angewandt, gab eben so constante Resultate.

813) Versuche ähnlicher Art wurden nun mit Körpern in ganz verschiedenem Zustande angestellt, z. B. mit *geschmolzenen* Chloriden und Jodiden. Bereits beschrieb ich einen Versuch mit geschmolzenem Chlorsilber, wobei die Elektroden von metallischem Silber waren, die negative durch das sich ansetzende Metall dicker und länger, die positive aber angefressen und aufgelöst wurde (541). Dieser Versuch wurde wiederholt, zu dem Ende zwei gewogene Stücke Silber als Elektrode angewandt, und ein Volta-Elektrometer mit in die Kette eingeschlossen. Grofse Sorgfalt wurde darauf verwandt, die nega-

tive Elektrode so regelmäfsig und stetig herauszuziehen, dafs die Krystalle des reducirten Silbers niemals eine *metallische* Communication unter der Oberfläche des geschmolzenen Chlorids herstellten. Nach Beendigung des Versuchs wurde die positive Elektrode abermals gewogen und ihr Verlust bestimmt. Das von der negativen Elektrode in successiven Portionen abgenommene Gemeng von Chlorsilber und Metall wurde zur Bestimmung des Chlorids mit Ammoniakflüssigkeit digerirt und das zurückbleibende metallische Silber gewägt. Diefs war das an der *Kathode* Reducirte; es betrug genau so viel wie das an der *Anode* Gelöste; und jede Portion war so nahe wie möglich gleich dem Aequivalent des im Volta-Elektrometer zersetzten Wassers.

814) Die Unschmelzbarkeit des Silbers in der angewandten Temperatur, so wie die Länge und Verästelung seiner Krystalle machen die Anstellung des eben beschriebenen Versuches schwierig und dessen Resultate unsicher. Ich arbeitete daher mit Chlorblei, und brauchte dabei eine grüne Glasröhre, gestaltet wie Fig. 17 Taf. III. In den Boden einer kleinen Röhre wurde, wie zuvor beschrieben (789), ein gewogener Platindraht eingeschmolzen, dann die Röhre, etwa einen halben Zoll von ihrem geschlossenen Ende entfernt, unter einem Winkel gebogen, und endlich der Theil zwischen dem Knie und dem Ende, nachdem er weich gemacht worden, etwas in die Höhe gezogen, um eine Brücke oder vielmehr eine Scheidewand zu bilden, für zwei kleine Vertiefungen oder Mulden *a*, *b*, in der Röhre, wie Figur es zeigt [1]). Diese Vorrichtung wurde, wie früher, damit eine Weingeistflamme darunter gestellt werden konnte, an einem Platindraht aufgehängt, und zwar so geneigt, dafs während der Schmelzung des Bleichlorids alle Luft entweichen konnte. Die positive Elektrode bestand aus einem Pla-

1) Leider steht darin der Buchstabe *a* nicht an der rechten Stelle; er mufs an dem Knie der Röhre stehen, wo die erste Vertiefung oder Erweiterung ist. *P.*

Leitdraht, aufgerollt an einem Ende zu einem Knopf, an den etwa 20 Gran metallischen Bleis angeschmolzen waren, und übrigens eingeschlossen in eine kleine enge Glasröhre, die späterhin zerbrochen wurde. So vorgerichtet, wurde der Draht mit seinem Knopf gewogen und das Gewicht aufgezeichnet.

815) Jetzt wurde Chlorblei in die Röhre gebracht und sorgfältig gewogen, auch dann die verbleite Elektrode eingeführt, worauf das Metall an ihrem Ende baldig schmolz. In diesem Zustande der Dinge wurde die Röhre bis *c* mit geschmolzenem Bleichlorid gefüllt, das Ende der in die Mulde *b* eingeschmolzenen Elektrode negativ gemacht, und die in die Mulde *a* getauchte Elektrode von geschmolzenem Blei, durch Verknüpfung mit dem Leitdraht einer voltaschen Säule positiv gemacht. Auch wurde ein Volta-Elektrometer in die Kette eingeschaltet.

816) Sogleich nach geschlossener Verknüpfung mit der voltaschen Batterie ging der Strom durch und die Zersetzung vor sich. An der positiven Elektrode entwickelte sich kein Chlor; allein, da das geschmolzene Chlorid durchsichtig war, konnte man bemerken, dafs sich bei *b* allmälig ein Knopf von Legirung bildete und vergröfserte, während bei *a* das Blei nach und nach abnahm. Nach einiger Zeit wurde der Versuch unterbrochen, die Röhre erkalten gelassen und dann zerbrochen. Die Drähte mit ihren Knöpfen wurden gesäubert und gewogen, und ihre Gewichtsveränderungen mit den Angaben des *Volta-Elektrometers* verglichen.

817) Bei diesem Versuche hatte die positive Elektrode gerade eben so viel Blei verloren als die negative gewonnen (795); und der Verlust oder Gewinn entsprach sehr nahe dem Aequivalent des im Volta-Elektrometer zersetzten Wassers, gab nämlich für das Blei die Zahl 101,5. Es ist also in diesem Beispiele klar, dafs es keine Veränderung in der festen Action des elektrischen Stroms hervorbringt, man mag während des Ver-

suchs eine *starke Affinität* oder *gar keine* für die an der *Anode* abgeschiedene Substanz wirksam seyn lassen (807).

818) Ein ähnlicher Versuch wurde nun mit Bleijodid angestellt, und auf diese Weise alle aus der Bildung von Hyperjodid entspringende Störung vermieden (803). Während der ganzen Action entwickelte sich kein Jod, und zuletzt war der Bleiverlust an der *Anode* eben so grofs als der Bleigewinn an der *Kathode*, oder entsprach, durch Vergleichung mit dem Resultat in dem Volta-Elektrometer, der Zahl = 103,5.

819) Nun wurde Zinnchlorür auf dieselbe Weise dem elektrischen Strom unterworfen, natürlich unter Anwendung einer positiven Elektrode von Zinn. Es bildete sich kein Zinnchlorid (779. 790). Bei Untersuchung der beiden Elektrode hatte die positive genau so viel verloren als die negative gewonnen; und durch Vergleich mit dem Volta-Elektrometer fand sich für das Zinn die Zahl 59.

820) Bei diesen und ähnlichen Versuchen ist es sehr nothwendig das Innere der Knöpfe von Legirung an den Enden der Leitdrähte zu untersuchen, denn zuweilen sind sie, besonders die positiv gewesenen, voller Höhlen, Portionen von dem angewandten Chlorid oder Jodid einschliefsend, welche entfernt werden müssen, ehe man das Gewicht ermittelt. Häufiger ist diefs der Fall beim Blei als beim Zinn.

821) Alle diese Thatsachen, glaube ich, beweisen auf's Uebereinstimmendste und Unwiderleglichste die Wahrheit des wichtigen Satzes, welchen ich zu Anfange aussprach, nämlich: *dafs die chemische Kraft eines elektrischen Stroms direct der absoluten Menge von durchgegangener Elektricität proportional sey* (377. 783). Sie beweisen ferner, dafs dieser Satz nicht blofs für eine Substanz, z. B. Wasser, richtig ist, sondern überhaupt für alle elektrolytische Substanzen, so wie überdiefs, dafs

die mit irgend *einer* Substanz erhaltenen Resultate nicht blofs unter einander stimmen, sondern auch mit denen von *andern Substanzen*, so dafs sich alles zusammen combinirt zu *einer Reihe fest bestimmter* elektro-chemischer Actionen (505). Ich will hiemit nicht sagen, dafs es keine Ausnahmen gebe; vielleicht giebt es deren, besonders unter den durch schwache Verwandtschaft zusammengehaltenen Substanzen; allein ich glaube nicht, dafs irgend eine den aufgestellten Satz ernstlich erschüttern werde. Wenn in der wohl erwogenen, wohl untersuchten, und ich kann sicher sagen, wohl festgestellten Lehre von der Bestimmtheit der gewöhnlichen chemischen Verwandtschaft solche Ausnahmen vorkommen, wie es wirklich häufig der Fall ist, ohne dafs sie unser Zutrauen zu dieser Lehre im Allgemeinen schwächen, so mufs man auch billig urtheilen, wenn sich hier, an der Eröffnung einer neuen Ansicht von der elektro-chemischen Action, Ausnahmen zeigen sollten, mufs sie nicht Denen, die mit der Vervollkommnung dieser Ansicht beschäftigt sind, als Hemmnisse entgegenstellen, sondern für eine Weile bei Seite legen, in der Hoffnung, dafs sie zuletzt eine vollständige und befriedigende Erklärung finden werden.

---

822) Die eben aus einander gesetzte, und, wie ich glaube, festgestellte Lehre von *bestimmter chemischer Action* führt zu einigen neuen Ansichten in Betreff der Beziehungen und Klassificationen der Körper, welche dieser Action unterworfen oder mit ihr verknüpft sind. Einige derselben will ich nun betrachten.

823) Zuerst können zusammengesetzte Körper in zwei grofse Klassen getheilt werden, nämlich in die durch den elektrischen Strom zersetzbaren und durch ihn nicht zersetzbaren. Von den letzteren sind einige Leiter, andere

dere Nichtleiter der voltaschen Elektricität [1]). Die ersteren hängen, was ihre Zersetzbarkeit betrifft, nicht bloſs von der Natur ihrer Bestandtheile ab (denn aus denselben zwei Elementen können Körper gebildet werden, von denen einer zu der ersten und der andere zu der zweiten Klasse gehört (697)), sondern wahrscheinlich auch von dem Verhältniſs derselben. Es ist ferner merkwürdig, daſs mit sehr wenigen, vielleicht gar keinen Ausnahmen (414. 691), diese zersetzbaren Körper genau diejenigen sind, welche von dem früher von mir beschriebenen (394) merkwürdigen Gesetz der Leitung beherrscht werden; denn dieses Gesetz erstreckt sich nicht auf die vielen schmelzbaren zusammengesetzten Substanzen, die von dieser Klasse ausgeschlossen sind. Ich schlage daher vor, die Körper dieser Klasse *Elektrolyte* (664) zu nennen.

824) Ferner bilden die Substanzen, in welche diese unter dem Einfluſs des elektrischen Stroms zerfällen, eine auſserordentlich wichtige allgemeine Klasse. Sie sind verbindbare Körper, stehen in directer Beziehung zu den Fundamentalsätzen der Lehre von der chemischen Verwandtschaft, und jeder derselben wird während der elektrolytischen Action in einem festen Verhältnisse entwickelt. Als Benennungen habe ich vorgeschlagen für diese Körper im Allgemeinen: *Ionen*, und im besonderen, je nachdem sie an der *Anode* oder *Kathode* erscheinen: *Anionen* und *Kationen*, und für die relativen Mengen, in denen sie entwickelt werden: *elektro-chemische Aequivalente*. Wasserstoff, Sauerstoff, Chlor, Jod, Blei und Zinn sind *Ionen*, die drei ersten sind *Anionen*, die bei-

1) Unter voltascher Elektricität verstehe ich hier bloſs eine Elektricität aus sehr ergiebiger Quelle und von sehr geringer Intensität.

den Metalle *Kationen*, und 1, 8, 36, 125, 104, 58 sind nahe ihre *elektro-chemischen Aequivalente.*

825) Eine Uebersicht von gewissen bereits ausgemittelten Punkten in Betreff der *Elektrolyte*, *Ionen* und *elektro-chemischen Aequivalenten* läfst sich in folgender allgemeinen Form von Propositionen geben, ohne, wie ich hoffe, einen merklichen Fehler einzuschliefsen.

826) I. Ein einzelnes, d. h. mit einem anderen nicht verbundenes *Ion* hat keine Neigung zu dieser oder jener Elektrode zu gehen, und verhält sich vollkommen indifferent gegen den durchgehenden Strom, sobald es nicht selbst eine Verbindung elementarer *Ionen* ist, und so einer wirklichen Zersetzung unterliegt. Auf diese Thatsache ist gröfstentheils der Beweis gegründet, den ich zu Gunsten der neuen Theorie der elektro-chemischen Zersetzung beigebracht, und in einer früheren Reihe dieser Untersuchungen aufgestellt habe (518 etc.).

827) II. Wenn ein *Ion* im richtigen Verhältnisse (697) verbunden ist mit einem andern, ihm in seinen gewöhnlichen chemischen Beziehungen sehr entgegengesetzten, d. h. wenn ein *Anion* verbunden ist mit einem *Kation*, so werden beide wandern, das eine zu der *Anode*, das andere zu der *Kathode* des in Zersetzung begriffenen Körpers (530. 542. 547).

828) III. Wenn daher ein *Ion* zu einer der Elektroden geht, mufs auch ein anderes *Ion* gleichzeitig zu der andern Elektrode gehen, wiewohl es, wegen secundärer Action, vielleicht nicht zum Vorschein kommt (743).

829) IV. Ein direct durch den elektrischen Strom zersetzbarer Körper, d. h. ein *Elektrolyt*, mufs aus zwei *Ionen* bestehen und diese also bei dem Act der Zersetzung ausgeben.

830. V. Unter Körpern, aus denselben zwei *Ionen* zusammengesetzt, giebt es nur Einen *Elektrolyten*, wenigstens scheint es nur Einen zu geben gemäfs dem Gesetz (697), *dafs die elementaren Ionen nur in gleich*

viel electro-chemischen Aequivalenten und nicht in Multiplis derselben zu den Elektroden gehen können.

831) VI. Ein für sich nicht zersetzbarer Körper, wie Borsäure, wird auch in einer Verbindung nicht direct durch den elektrischen Strom zersetzt (780). Er kann als ein *Ion* wirken, kann als Ganzes zu der *Anode* oder *Kathode* gehen, giebt aber nicht seine Elemente aus, ausgenommen zufällig durch eine secundäre Action. Vielleicht ist es überflüssig zu bemerken, dafs dieser Satz *keine Beziehung* hat zu dergleichen Körpern wie das Wasser, welche durch die Anwesenheit anderer Körper bessere Elektricitätsleiter, und *darum* leichter zersetzt werden.

832) VII. Die Natur der Substanz, aus welcher die Elektrode besteht, vorausgesetzt nur, dafs sie leitend sey, bewirkt keine Verschiedenheit in der elektro-chemischen Action, weder in deren Art noch deren Grad (807. 813); aber einen starken Einflufs hat sie, vermöge secundärer Action (744) auf den Zustand, in welchem die *Ionen* zuletzt erscheinen. Aus diesem Satze kann man einen Vortheil ziehen, indem man solche *Ionen*, die im freien Zustand unbehandelbar seyn würden [1]), im verbundenen auffängt.

833) VIII. Eine Substanz, welche, als Elektrode angewandt, sich ganz mit dem an ihr entwickelten *Ion* zu verbinden vermag, ist, glaube ich, auch ein *Ion*, und verbindet sich in dergleichen Fällen in der durch ihr *elektro-chemisches Aequivalent* vorgestellten Menge. Alle von mir angestellten Versuche stimmen mit dieser Ansicht, und sie erscheint mir gegenwärtig als eine nothwendige

1) Oft können die angewandten Elektroden von solcher Natur seyn, dafs sie mit der Flüssigkeit, in welche sie eingetaucht sind, einen elektrischen Strom hervorbringen, entweder von gleicher oder entgegengesetzter Richtung mit dem der voltaschen Batterie, wodurch oder durch eine directe chemische Action sie dann die Resultate bedeutend trüben. Mitten unter allen diesen störenden Einwirkungen bringt indefs der elektrische Strom, welcher in irgend einer Richtung durch den zersetzt werdenden Körper geht, seine eigene bestimmte elektrolytische Action hervor.

Folgerung aus denselben. Ob sich aus den secundären Actionen, wo das Ion zwar nicht auf die Substanz der Elektrode, wohl aber auf die umgebende Flüssigkeit einwirkt (744), dieselbe Folgerung ergebe, erfordert zu seiner Entscheidung eine ausgedehntere Untersuchung.

834) IX. Zusammengesetzte *Ionen* sind nicht nothwendig zusammengesetzt aus elektro-chemischen Aequivalenten einfacher *Ionen*. Schwefelsäure, Borsäure, Phosphorsäure z. B. sind *Ionen*, aber keine *Elektrolyte*, d. h. sind nicht aus elektro-chemischen Aequivalenten einfacher *Ionen* zusammengesetzt.

835) X. Elektro-chemische Aequivalente sind immer übereinstimmend, d. h. die nämliche Zahl, welche das Aequivalent der Substanz *A* vorstellt, wenn diese von der Substanz *B* getrennt wird, stellt auch dasselbe vor, wenn *A* von *C* getrennt wird. So ist 8 das elektro-chemische Aequivalent des Sauerstoffs, wenn er vom Wasserstoff oder Zinn oder Blei abgeschieden wird, und eben so ist 103,5 das elektro-chemische Aequivalent des Bleis, diefs mag vom Sauerstoff, oder Chlor oder Jod getrennt werden.

836) XI. Die elektro-chemischen Aequivalente sind den gewöhnlichen chemischen gleich.

837) Durch den Versuch und die vorhergehenden Sätze kann man auf verschiedene Weisen zur Kenntnifs der *Ionen* und ihrer elektro-chemischen Aequivalente gelangen.

838) Zunächst können sie direct bestimmt werden, wie es in vielen bereits angeführten Versuchen mit dem Wasserstoff, Sauerstoff, Blei und Zinn geschehen ist.

839) Dann läfst sich aus den Sätzen II und III die Kenntnifs vieler anderer *Ionen* und auch deren Aequivalente ableiten. Als bei Zersetzung von Bleichlorid Platin angewandt wurde (395) konnte kein Zweifel mehr darüber obwalten, dafs das Chlor zur *Anode* ging, wiewohl es sich mit dem Platin daselbst verband; denn wenn

die positive Elektrode von Graphit war (794) entwikkelte es sich daselbst im freien Zustande. Eben so konnte es in keinem der Fälle zweifelhaft bleiben, dafs nicht für jede 103,5 Th. Blei, die sich an der *Kathode* ausschieden, 36 Th. Chlor an der *Anode* entwickelt wurden, denn das übriggebliebene Bleichlorid war unverändert. So auch wenn in einer Metalllösung ein Volum Sauerstoff oder eine so viel Sauerstoff enthaltende secundäre Verbindung an der *Anode* erschien, konnte kein Zweifel darüber entstehen, dafs nicht zwei Volume Wasserstoff zur *Kathode* übergegangen waren, wenn sie auch, vermöge einer secundären Action, zur Reduction der Oxyde von Blei, Kupfer oder anderen Metallen verwandt worden waren. Auf diese Weise lernen wir aus den in diesen Abhandlungen beschriebenen Versuchen, dafs Chlor, Jod, Brom, Fluor, Calcium, Kalium, Strontium, Magnesium, Mangan u. s. w. *Ionen* sind, und dafs ihre *elektro-chemischen Aequivalente* gleich sind den *gewöhnlichen chemischen.*

840) Die Sätze IV und V erweitern unsere Mittel Belehrung einzusammeln. Denn wenn ein Körper von bekannter chemischer Zusammensetzung sich zersetzbar erweist, und die Natur der an einer der Elektroden als primäres oder selbst secundäres Resultat (743. 777) ausgeschiedenen Substanz bestimmt worden ist, läfst sich das elektro-chemische Aequivalent dieses Körpers aus der bekannten festen Zusammensetzung der ausgeschiedenen Substanz herleiten. Wenn so z. B. geschmolzenes Zinnchlorür durch den voltaschen Strom zersetzt wird (804), kann daraus geschlossen werden, dafs beide, Jod und Zinn, *Ionen* sind, und dafs die verhältnifsmäfsigen Mengen, in welchen sie sich in der geschmolzenen Verbindung vereinigt befanden, ihre elektro-chemischen Aequivalente ausdrücken. Ferner läfst sich folgern, dafs das geschmolzene Jodkalium (805) ein Elektrolyt ist, und dafs die chemischen Aequivalente auch die elektro-chemischen sind.

841) Der Satz VIII, einer ausführlichen Experimental-Untersuchung unterworfen, wird nicht bloſs die durch Anwendung der übrigen Sätze erhaltenen Resultate bestätigen helfen, sondern auch reichliche Belehrung über die aus ihm selbst flieſsenden geben.

842) In vielen Fällen werden die *secundären Resultate*, entstanden durch Einwirkung des ausgeschiedenen *Ions* auf die in der umgebenden Flüssigkeit oder Lösung enthaltenen Substanzen, das elektro-chemische Aequivalent liefern. So ward aus einer Lösung von essigsaurem Blei, und, so weit ich untersucht habe, auch aus anderen Oxydulsalz-Lösungen, die der reducirenden Wirkung des an der *Kathode* in Entstehung begriffenen Wasserstoffs ausgesetzt waren, das Metall in gleicher Menge gefällt, wie wenn es ein primäres Educt gewesen wäre (vorausgesetzt nur, daſs kein freier Wasserstoff entwich), und es gab daher genau die Zahl, welche das elektro-chemische Aequivalent desselben vorstellt.

843) In Folge dieses Satzes können secundäre Resultate zuweilen als Messer des volta-elektrischen Stroms benutzt werden (706. 740); doch giebt es nicht viele Metalllösungen, die diesem Behufe wohl entsprechen; denn wenn das Metall nicht leicht fällbar ist, wird Wasserstoff an der *Kathode* entwickelt und dadurch das Ergebniſs fehlerhaft. Wenn an der *Anode* ein lösliches Oxyd (*peroxide*) gebildet wird, oder wenn das gefällte Metall quer durch die Lösung krystallisirt und die positive Elektrode berührt, werden ähnliche fehlerhafte Resultate erhalten. Ich glaube, daſs die Lösungen einiger vegetabilischen Salze, wie die von essigsaurem Quecksilber- oder Zinkoxyd für obigen Zweck geeignet seyn werden.

844) Nach den ersten Versuchen zur Feststellung der bestimmten chemischen Action der Elektricität, habe ich nicht angestanden, die directeren Resultate der chemischen Analyse auf die Berichtigung der als elektrolytische Resultate erhaltenen Zahlen anzuwenden. Dieſs läſst

sich offenbar in vielen Fällen thun, ohne sich gegen die Strenge wissenschaftlicher Untersuchung zu viel Freiheit herauszunehmen. Die Reihe der Zahlen, welche die elektro-chemischen Aequivalente vorstellen, bleiben nothwendig, wie die gewöhnlichen Aequivalente chemisch wirkender Körper, einer beständigen Berichtigung durch den Versuch und durch vernünftige Schlüsse unterworfen.

845) Ich gebe die folgende kurze Tafel von *Ionen* und ihren elektro-chemischen Aequivalenten mehr als Beispiel eines ersten Versuchs, denn als eine Abhülfe des sehr schnell merkbaren Mangels einer vollständigen und vollkommenen Uebersicht dieser Klasse von Körpern. In Betracht des außerordentlichen Nutzens einer solchen (vorausgesetzt wohl entworfenen) Tafel für die Entwicklung der innigen Beziehung der gewöhnlichen chemischen Verwandtschaft zu den elektrischen Actionen und für die Identificirung beider, nicht nach bloßer Phantasie, sondern durch überzeugende Gründe, mag es erlaubt seyn, die Hoffnung auszusprechen, daſs die Bemühung immer darauf gerichtet seyn möge, sie zu einer Tafel von *wirklichen* und nicht *hypothetischen* elektro-chemischen Aequivalenten zu machen; denn sonst übersehen wir die Thatsachen und verlieren die direct auf unserem Wege liegenden Kenntnisse ganz aus dem Auge und Gedächtniſs.

846) Die folgenden äquivalenten Zahlen behaupten nicht genau zu seyn; sie sind fast sämmtlich aus den chemischen Resultaten anderer Naturforscher entnommen, zu denen ich in diesem Bezuge mehr Zutrauen als zu mir selbst setze.

847) Tafel über die *Ionen*:

Anionen.					
Sauerstoff	8	Selensäure	64	Weinsäure	66
Chlor	35,5	Salpetersäure	54	Citronensäure	58
Jod	126	Chlorsäure	75,5	Kleesäure	36
Brom	78,3	Phosphorsäure	35,7	Schwefel (?)	16
Fluor	18,7	Kohlensäure	22	Selen (?)	
Cyan	26	Borsäure	24	Schwefelcyan	
Schwefelsäure	40	Essigsäure	51		

Kationen.					
Wasserstoff	1	Kupfer	31,6	Kali	47,2
Kalium	39,2	Kadmium	55,8	Natron	31,3
Natrium	23,3	Cerium	46	Lithion	18
Lithium	10	Kobalt	29,5	Baryt	76,7
Barium	68,7	Nickel	29,5	Strontian	51,8
Strontium	43,8	Antimon	64,6 ?	Kalk	28,5
Calcium	20,5	Wismuth	71	Talkerde	20,7
Magnesium	12,7	Quecksilber	200	Thonerde	(?)
Mangan	27,7	Silber	108	Oxydule überhpt.	
Zink	32,5	Platin	98,6 ?	Chinin	171,6
Zinn	57,9	Gold	(?)	Cinchonin	160
Blei	103,5	——		Morphin	290
Eisen	28	Ammoniak	17	Pflanzenbasen überhaupt.	

848) Diese Tafel könnte ferner in Gruppen solcher Substanzen angeordnet werden, die entweder mit einander wirken oder einander ersetzen. So z. B. wirken Säuren und Basen in Beziehung auf einander; aber sie wirken nicht in Gesellschaft mit Sauerstoff, Wasserstoff oder elementaren Substanzen. Es leidet indeſs wenig oder gar keinen Zweifel, daſs wenn man die elektrischen Beziehungen der Körpertheilchen genau untersuchte, diese Eintheilung gemacht werden müſste. Die einfachen Substanzen, nebst Cyan und Schwefelcyan, und einem oder zwei anderen zusammengesetzten Körpern werden wahrscheinlich die erste Gruppe bilden, so wie die Säuren und Basen, nebst solchen analogen Verbindungen, die sich als *Ionen* erweisen, die zweite Gruppe. Ob diese alle *Ionen* einschlieſsen werde, oder, ob eine dritte Klasse von verwickelteren Resultaten erforderlich sey, müssen künftige Untersuchungen entscheiden.

849) Alle unsere jetzigen elementaren Körper sind *wahrscheinlich Ionen*, aber gewiſs ist es noch nicht. Von einigen ist es wünschenswerth, bald möglichst entschieden zu sehen, ob sie ein Recht auf den Titel eines Ions haben; solche sind: Kohle, Phosphor, Stickstoff, Kiesel, Bor, Aluminium. Es giebt auch einige zusammengesetzte Körper, namentlich die Thonerde und die Kieselerde, von denen zu wünschen wäre, daſs ihnen baldigst durch unzweifelhafte Versuche ihre Klasse angewiesen würde. Es ist auch *möglich*, daſs alle verbindbaren Körper, zusammengesetzte wie einfache, in die Klasse der *Ionen* gehören; doch scheint es mir für jetzt nicht wahrscheinlich. Die experimentellen Beweise, welche ich besitze, sind noch so gering im Vergleich mit denen, welche in Bezug auf diesen Punkt gesammelt werden müssen, daſs ich fürchte, eine entschiedene Meinung hierüber auszusprechen.

850) Ich glaube mich nicht zu täuschen, wenn ich die Lehre von der bestimmten elektro-chemischen Action für äuſserst wichtig halte. Durch ihre Thatsachen berührt sie, unmittelbarer und inniger als es irgend eine frühere Thatsache oder eine Reihe von Thatsachen gethan, die schöne Idee, daſs die gewöhnliche chemische Verwandtschaft eine bloſse Folge sey der elektrischen Anziehungen zwischen den Theilchen verschiedenartiger Substanzen; und wahrscheinlich wird sie uns zu Mitteln führen, durch welche wir im Stande sind, das, was gegenwärtig dunkel ist, aufzuklären, und entweder die Wahrheit dieser Idee vollständig zu erweisen, oder das, was etwa ihre Stelle einnehmen könnte, aus einander zu setzen.

851) Ein sehr groſser Nutzen der elektro-chemischen Aequivalente wird der seyn, mittelst ihrer in zweifelhaften Fällen zu entscheiden, welches das wahre chemische Aequivalent oder bestimmte Proportional oder Atomengewicht eines Körpers sey. Denn ich habe eine solche Ueberzeugung, daſs es die nämliche Kraft sey, welche die elektro-chemische Zersetzung und die gemeine chemische

Anziehung beherrscht, bin so überzeugt von den überwältigenden Einfluſs derjenigen Naturgesetze, welche die erstere bestimmt machen, daſs ich keinen Anstand nehme zu glauben, auch die letztere sey ihnen unterthan. Ist aber dieſs der Fall, so kann ich nicht zweifeln, daſs, bei Annahme von Wasserstoff =1, und mit Vernachlässigung kleiner Brüche behufs der Einfachheit der Zahlen, das Aequivalent oder das Atomgewicht des Sauerstoffs sey 8, des Chlors 36, des Broms 78,4, des Bleis 103,5, des Zinns 59 u. s. w., ungeachtet eine sehr hohe Autorität mehre dieser Zahlen in Zweifel zieht.

H. Von der absoluten Elektricitätsmenge, die den Theilchen oder Atomen der Materie beigesellt ist.

852) Die Theorie der festen elektrolytischen oder elektro-chemischen Action berührt, wie mir scheint, unmittelbar die Frage von der *absoluten Quantität* der den verschiedenen Körpern angehörigen Elektricität oder elektrischen Kraft. Vielleicht ist es unmöglich über diesen Punkt zu sprechen, ohne nicht den gegenwärtigen Bereich der Thatsachen zu überschreiten, und doch ist es eben so unmöglich, ja vielleicht selbst unpolitisch, diesen Gegenstand nicht zu erörtern. Freilich wissen wir nichts von dem was ein Atom ist, aber wir können doch nicht umhin uns darunter ein kleines Theilchen zu denken, welches dasselbe in der Idee vorstellt; und wiewohl wir uns in eben so groſser, wenn nicht gar in gröſserer Unwissenheit hinsichtlich der Elektricität befinden, so daſs wir nicht sagen können, ob sie eine besondere Materie sey, oder ob sie aus mehren Materien bestehe, ob sie eine bloſse Bewegung der gewöhnlichen Materie sey oder eine dritte Art von Kraft oder Agens — so giebt es doch eine unermeſsliche Zahl von Thatsachen, welche uns zu dem Glauben berechtigt, die Atome der Materie seyen begabt oder vergesellschaftet mit elektrischen Kräften, welchen sie ihre hauptsächlichsten Eigenschaften verdanken,

und unter diesen auch ihre gegenseitige Verwandtschaft. Seitdem wir, durch Dalton's Lehre, wissen, dafs die chemischen Kräfte, unter wie verschiedenartigen Umständen sie auch sich äufsern, bestimmt sind für jeden Körper, wissen wir auch den in solchen Körpern vorhandenen relativen Kraftgrad zu schätzen, und wenn zu dieser Kenntnifs noch die Thatsache kommt, dafs die Elektricität, welche wir für fähig halten, *unter Beibehaltung ihrer chemischen Kraft*, ihren Wohnsitz für eine Weile zu verlassen und von Ort zu Ort zu wandern, gemessen werden kann, und sie, so gemessen, sich *eben so bestimmt in ihrer Wirkung* erweist als irgend eine jener Portionen, welche mit den Theilchen der Materie verknüpft bleiben und diesen ihr *chemisches Verhalten* ertheilen — so scheinen wir das Glied gefunden zu haben, welches den frei gewordenen Elektricitätsantheil verknüpft mit jenem, der den Körpertheilchen in ihrem natürlichen Zustande angehört.

853) Nun ist es wundervoll zu beobachten, wie klein die Menge eines zusammengesetzten Körpers ist, welche durch eine gewisse Portion Elektricität zersetzt wird. Betrachten wir beispielshalber diese und einige andere Punkte bei dem Wasser. *Ein Gran* Wasser, das zur besseren Leitung angesäuert worden ist, erfordert zu seiner Zersetzung einen elektrischen Strom von 3,75 Minuten Dauer, und dieser mufs stark genug seyn, um einen Platindraht von $\frac{1}{104}$ Z. Dicke [1]) während dieser ganzen Zeit in Berührung mit

1) Ich habe die Länge des angewandten Drahts nicht angegeben, weil ich durch Versuche finde, wie es sich auch theoretisch erwarten liefs, dafs sie gleichgültig dabei ist. Dieselbe Elektricitätsmenge, welche, eine gegebene Zeit lang durchgeleitet, ein Zoll langes Stück Platindraht von gewisser Dicke rothglühend machen kann, ist auch im Stande 100 oder 1000 Zoll oder jede Länge desselben Drahts auf denselben Grad zu erhitzen, vorausgesetzt nur, dafs in beiden Fällen die abkühlenden Ursachen an jeder Stelle gleich seyen. Ich habe diefs durch das Volta-Elektrometer erwiesen. Ich habe auch gefunden, dafs, es möchten ein Zoll oder

der Luft rothglühend zu erhalten, und einen sehr hellen und anhaltenden Lichtstrom zu geben, wenn er irgend durch Kohlenspitzen unterbrochen wird. Erwägt man die instantane Entladung der Spannungs-Elektricität, wie sie durch die schönen Versuche von Hrn. **Wheatstone** erläutert wird [1]), und erinnert sich dessen, was ich frü-

acht Zoll Platindraht in einer constanten dunkeln Rothglühhitze erhalten werden, dennoch in beiden Fällen gleiche Mengen Wassers zersetzt wurden. Wenn ein ¼ Zoll langes Drahtstück angewandt wurde, kam es bloſs in der Mitte zum Glühen. Ein dünner Draht kann selbst als ein zwar roher, aber leichter Regulator des elektrischen Stroms benutzt werden; denn wenn man ihn mit in die Kette bringt und man die mit ihm verbundenen dickeren Drähte näher zusammen oder weiter aus einander schiebt, so daſs das Drahtstück in der Kette nahe in derselben Temperatur erhalten wird, so ist der durchgehende Strom von nahe gleicher Stärke.

1) *Literary Gazette*, 1. u. 8. März 1833. — *Philosoph. Magaz. Vol. III* (1833) *p.* 204. *L'Institut.* 1833, *p.* 261. — [Am letztgenannten Ort wird über die Versuche des Hrn. **Wheatstone** folgende Auskunft gegeben. — Zu den übrigen (der Versammlung britischer Naturforscher zu Cambridge gemachten) Mittheilungen über das Licht gehören noch die sehr sonderbaren Versuche des Hrn. **Wheatstone**, welche vornehmlich zum Zweck haben, auszumitteln, ob das Erscheinen eines Lichts instantan (dauerlos) sey oder eine angebbare Dauer habe, und, wenn letzteres der Fall ist, diese Dauer zu messen. Um z. B. zu erfahren, ob der elektrische Funke eine meſsbare Dauer habe, theilt Hr. **Wheatstone** eine Pappscheibe in mehre abwechselnd schwarze und weiſse Sectoren, und läſst sie dann in ihrer eigenen Ebene um eine durch ihren Mittelpunkt gehende feste Axe umlaufen. Man weiſs, daſs die rotirende Scheibe alsdann, vermöge der Dauer der von dem Licht auf die Netzhaut gemachten Eindrücke, graulich erscheint. Wenn man nun die Scheibe in einem vollkommen dunkeln Zimmer in Rotation versetzt und sie plötzlich durch einen elektrischen Funken oder durch die Entladung einer Leidner Flasche beleuchtet, so unterscheidet man sehr deutlich die weiſsen und schwarzen Sectoren, gleich als wenn die Scheibe vollkommen unbeweglich wäre, ungeachtet der schnellen Rotation, in die man sie versetzt hat. Man muſs daraus schlieſsen, daſs die Scheibe nur während eines unendlich

her über die Beziehung zwischen der gemeinen und voltaschen Elektricität aus einander gesetzt habe (371. 375), so ist es nicht zu viel gesagt, dafs diese erfordert werdende Elektricitätsmenge gleich ist einem sehr kräftigen Blitz (*flash of Lightning*). Und doch haben wir sie völlig in unserer Hand, können sie direct entwickeln und nach Belieben anwenden; und wenn sie das Werk der Elektrolysirung vollständig ausgeführt hat, hat sie nur die Elemente eines einzigen Gran Wassers getrennt.

854) Andererseits ist der Zusammenhang zwischen Elektricitätsleitung und Wasserzersetzung so innig, dafs die eine nicht ohne die andere stattfinden kann. Wird dem Wasser nur die geringe Veränderung ertheilt, welche zwischen ihm im starren und flüssigen Zustande besteht, so ist die Leitung vernichtet und damit auch die Zersetzung. Man mag die Leitung als von der Zersetzung abhängig betrachten oder nicht (413. 703), so ist doch die Beziehung zwischen den beiden Functionen gleich innig und unzertrennlich.

855) Erwägt man diese innige und doppelte Beziehung, nämlich, dafs ohne Zersetzung keine Durchleitung der Elektricität stattfindet, und dafs für eine gegebene bestimmte Menge durchgegangener Elektricität eine eben so bestimmte und feste Menge Wassers oder anderer Sub-

kurzen Augenblicks beleuchtet ward, wiewohl der Eindruck auf die Netzhaut so lebhaft war, und so lange anhielt, dafs ein sehr deutliches Bild von der Scheibe mit allen ihren Abtheilungen zu Stande kam. Man sieht ein, dafs, wenn der elektrische Funke eine mefsbare Dauer hätte, man die Scheibe in mehren successiven Stellungen erblickt haben würde, und man dann unmöglich ein deutliches Bild von den verschiedenen Sectoren, in die ihre Oberfläche getheilt war, hätte erhalten können.

In der citirten Stelle des *Phil. Magazine's* verspricht übrigens Hr. Wheatstone der K. Gesellschaft in London die baldigste Mittheilung *eines neuen optischen Mittels zur Messung rascher Bewegungen, kleiner Zeitintervalle und schwacher Lichtintensitäten.* Es ist indefs, so viel ich weifs, bis jetzt noch nichts Ausführliches darüber zur allgemeinen Kenntnifs gebracht. P.]

stanz zersetzt wird; erwägt man ferner, daſs das Agens Elektricität einfach angewandt wird, um die elektrischen Kräfte, welche in dem seiner Einwirkung unterworfenen Körper vorhanden sind, zu überwältigen, so erscheint es als eine wahrscheinliche und fast natürliche Folgerung, daſs die durchgeleitete Elektricitätsmenge das *Aequivalent* von der der getrennten Theilchen und deshalb ihr gleich sey, d. h. wenn die elektrische Kraft, welche die Elemente von einem Gran Wasser in Verbindung erhält, oder welche ein Gran Sauerstoff und Wasserstoff, die in richtigem Verhältnisse stehen, zu Wasser vereinigt, in den Zustand eines *Stroms* versetzt werden könnte, so würde dieser genau dem Strome gleich seyn, welcher zur Zersetzung jenes Grans Wasser erforderlich wäre.

856) Diese Ansicht von dem Gegenstand giebt eine fast erdrückende Idee von der auſserordentlichen Menge oder dem auſserordentlichen Grade elektrischer Kraft, welche den Körpertheilchen im natürlichen Zustande angehört; allein sie ist nicht im Geringsten unvereinbar mit den Thatsachen, welche zur Stütze dieses Punktes beigebracht werden können. Um dieſs zu erläutern muſs ich einige Worte über die voltasche Säule sagen [1]).

857) Da ich beabsichtige, die in der gegenwärtigen und den früheren Reihen dieser Untersuchungen mitgetheilten Resultate späterhin zu einer näheren Ausmittlung der Quelle der Elektricität des voltaschen Instrumentes anzuwenden, so habe ich mich jeder entschiedenen Meinung über diesen Gegenstand enthalten; und ohne läugnen zu wollen, daſs der metallische Contact oder der Con-

1) Unter voltascher Säule verstehe ich solchen Apparat oder solche Anordnung von Metallen, als man seither mit diesem Namen belegt hat, und wobei Wasser, Salzlösung, Säuren, oder andere wäſsrige Lösungen oder zersetzbare Substanzen (476) zwischen den Platten befindlich sind. Andere Arten elektrischer Apparate mögen künftig erfunden werden, und ich hoffe einen zu construiren, der nicht zur Klasse der von Volta erfundenen gehört.

tact verschiedenartiger, zwar leitender, aber nicht metallischer Substanzen, etwas mit der Entstehung des Stroms zu schaffen hätte, bin ich doch vollkommen der Meinung Davy's, daſs dieser Strom wenigstens durch chemische Action unterhalten werde, und daſs das, was den Strom constituirt, fast ganz aus dieser Action entspringt.

858) Diejenigen Körper, welche, zwischen die Metallplatten einer voltaschen Säule gebracht, diese wirksam machen, *sind sämmtlich Elektrolyte* (476). Ich kann nicht umhin, Jeden, der sich mit diesem Gegenstand beschäftigt, dringend aufmerksam zu machen, daſs in jenen (für die Säule so wesentlichen) Körpern Zersetzung und Durchleitung des Stroms so innig zusammenhängen, daſs die eine nicht ohne die andere eintreten kann. Dieſs habe ich beim Wasser und in vielen anderen Fällen zum Ueberfluſs gezeigt (402. 476). Wenn also die Enden eines Trogapparats mit einem zersetzbaren Körper, als Wasser, verbunden sind, haben wir durch diesen Apparat einen continuirlichen Strom, und während er in diesem Zustand ist, kann man den Theil, wo die Säure die Platten angreift, und den, wo der Strom auf das Wasser einwirkt, als wechselseitige Dinge betrachten. In beiden Theilen haben wir die zwei in *Körpern, wie diese, unzertrennlichen* Erscheinungen, nämlich den Durchgang des Stroms und die Zersetzung. Und dieſs gilt sowohl für die Zellen in der Batterie als für die Wasser-Zelle; denn bis jetzt ist noch keine voltasche Batterie erbaut worden, in welcher die chemische Action auf die einer Verbindung beschränkt gewesen wäre; immer ist eine Zersetzung eingeschlossen, und sie ist, glaube ich, ein wesentlicher chemischer Theil.

859) Der Unterschied zwischen den beiden Theilen der geschlossenen Batterie, nämlich zwischen der Zersetzungs- oder Experimentir-Zelle und den erregenden Zellen, ist einfach dieser. In der ersteren treiben wir

den Strom durch, allein er ist, wie es scheint, nothwendig mit einer Zersetzung begleitet; in den letzteren veranlassen wir Zersetzungen durch gewöhnliche chemische Actionen (welche ihrerseits jedoch elektrisch sind), und in Folge deſs haben wir einen elektrischen Strom. Und da in der ersten die vom Strom abhängende Zersetzung bestimmt ist, so ist in den letzteren der mit der Zersetzung vergesellschaftete Strom auch bestimmt (862 ff.).

860) Wenden wir dieſs an zur Stütze dessen, was ich hinsichtlich der ungeheuren elektrischen Kraft eines jeden Theilchens oder Atoms der Materie vermuthet habe (856). In einer früheren Reihe dieser Untersuchungen, bei der Maaſsbeziehung zwischen gemeiner und voltascher Elektricität, habe ich gezeigt, daſs zwei Drähte, einer von Platin und der andere von Zink, jeder $\frac{1}{18}$ Zoll dick, und $\frac{5}{16}$ Zoll von einander entfernt, eingetaucht bis zu einer Tiefe von $\frac{5}{8}$ Zoll in eine Säure, bestehend aus einem Tropfen Vitriolöl und vier Unzen destillirten Wassers von etwa 60° F., und verbunden an ihren anderen Enden durch einen Kupferdraht von achtzehn Fuſs Länge und $\frac{1}{18}$ Zoll Dicke, in etwas mehr als drei Secunden Zeit eben so viel Elektricität liefern als eine Leidner Batterie, die durch dreiſsig Umdrehungen einer sehr groſsen und kräftigen Scheiben-Maschine geladen worden ist (371). Diese Menge, welche zur Tödtung einer Ratte oder Katze, hinreichend gewesen seyn würde, wenn sie als Blitz auf einmal durch den Kopf derselben gegangen wäre, wurde durch die gegenseitige Action eines so kleinen Stücks Zinkdraht und des umgebenden Wassers entwickelt, daſs der Gewichtsverlust, den beide erlitten, mit unsern empfindlichsten Instrumenten unwägbar seyn würde. Namentlich muſste die Menge des Wassers, welches durch jenen Strom zersetzt worden war, unmerklich seyn, denn während jener drei Secunden erschien auf dem Platin kein Wasserstoff.

861) Welch ungeheure Menge von Elektricität ist

demnach zur Zersetzung eines einzigen Grans Wasser erforderlich! Bereits haben wir gesehen, dafs sie so grofs seyn mufs, um einen $\frac{1}{104}$ Zoll dicken Platindraht in 3,75 Minuten langer Berührung mit der Luft rothglühend zu erhalten (853), und diese Menge ist fast unendlich gröfser als die, welche mit dem eben erwähnten kleinen voltaschen Normal-Apparat entwickelt werden konnte (860. 371). Ich habe mich bemüht, durch den Gewichtsverlust eines solchen Drahts in einer gegebenen Zeit, und in einer solchen Säure, einen Vergleich anzustellen, gemäfs eines sogleich zu beschreibenden Satzes und Versuchs (862); allein das Verhältnifs ist so grofs, dafs ich mich fast scheue es anzugeben. Es würde sich nämlich daraus ergeben, dafs 800 000 solcher Entladungen der eben erwähnten Leidner Batterie nöthig wären, um die zur Zersetzung eines einzigen Grans Wasser erforderliche Elektricität zu liefern, oder, wenn ich nicht irre, diejenige Elektricitätsmenge, welche mit den Elementen eines Grans Wasser im natürlichen Zustande verknüpft ist, und dieselben mit ihrer gegenseitigen chemischen Verwandtschaft versieht.

862) Zum ferneren Erweise dieses hohen elektrischen Zustands der Körpertheilchen und der *Gleichheit der Elektricitätsmengen, welche ihnen eigen ist, und welche zu ihrer Zersetzung erfordert wird,* will ich einen sehr einfachen Versuch beschreiben, der ungemein niedlich ist, wenn man ihn in Bezug auf die Entwicklung eines Stroms und dessen zersetzende Kräfte betrachtet.

863) Eine verdünnte Schwefelsäure, gemacht aus etwa einem Maafstheil Vitriolöl und 30 Maafstheilen Wasser, wirkt kräftig auf ein Stück Zinkblech in seinem gewöhnlichen und einfachen Zustand; allein, wie Hr. Stur-

geon gezeigt hat [1]), gar nicht oder kaum, wenn die Oberfläche des Metalls zuvor amalgamirt worden ist; und dennoch wirkt das amalgamirte Zink als Elektromotor sehr kräftig mit Platin, indem an letzteren Metall Wasserstoff entwickelt, und das Zink oxydirt und gelöst wird. Die Amalgamation läfst sich am besten bewerkstelligen, wenn man einige Tropfen Quecksilber auf die Zinkfläche spritzt, die letztere mit verdünnter Säure benäfst und nun mit den Fingern reibt, um so das Quecksilber über die ganze Fläche auszubreiten. Das überflüssige Quecksilber, welches Tropfen auf dem Zink bilden würde, mufs abgewischt werden [2]).

864) Zwei so amalgamirte Zinkplatten wurden getrocknet und genau gewägt. Die eine, welche wir *A* nennen wollen, wog 163,1 Gran: die andere, hier *B* genannt, wog 148,3 Gran. Sie waren ungefähr 5 Zoll lang und 0,4 Zoll breit. Eine irdene pneumatische Wanne wurde mit Schwefelsäure von der eben beschriebenen Stärke angefüllt (863) und eine mit derselben Säure angefüllte Glasflasche darüber umgekehrt [3]). Ein Platinstreif von beinahe derselben Länge, aber drei Mal gröfserer Breite als die Zinkstreifen wurde in die Flasche gebracht. Dann wurde auch der Zinkstreif *A* in die Flasche eingeführt und mit dem Platin in Berührung gesetzt; in demselben Moment wurde auch der Zinkstreif *B* in

1) Neue Experimental-Untersuchungen u. s. w., 1830, S. 74 etc.

2) Der Versuch kann mit reinem Zink angestellt werden, das, wie die Chemiker wohl wissen, verhältnifsmäfsig weniger von verdünnter Schwefelsäure angegriffen wird als das gewöhnliche Zink, welches hiebei einer Unzahl voltascher Actionen unterworfen ist. Siehe De la Rive in der *Bibliothèque universelle*, 1830, p. 391 (dies. Annal. Bd. XIX S. 221).

3) Die Säure war eine Nacht lang mit einem Stückchen unamalgamirten Zinks stehen gelassen, damit die Luft entwiche, welche sich etwa hätte entwickeln können.

die Säure der Wanne gelegt, jedoch aufser Berührung mit einer metallischen Substanz.

865) Sogleich wie sich Zink und Platin berührten, trat in der Flasche eine starke Wirkung ein. Wasserstoff stieg vom Platin auf und sammelte sich in der Flasche; allein von *keiner* der Zinkplatten stieg Wasserstoff auf. In etwa 10 bis 12 Minuten, nachdem sich eine hinreichende Menge Wasserstoff gesammelt hatte, wurde der Versuch abgebrochen. Im Verlauf desselben erschienen ein Paar Blasen auf dem Streifen *B*, aber keine auf dem Streifen *A*. Die Streifen würden in destillirtem Wasser gewaschen, getrocknet und abermals gewägt. Der Streif *B* wog 148,3 Gran wie zuvor, hatte also nichts durch die directe chemische Action der Säure verloren. Der Streifen *B* wog 154,65 Gran; es waren mithin 8,45 Gran von ihm während des Versuchs oxydirt und gelöst worden.

866) Das Wasserstoffgas wurde nun über einen Wassertrog gebracht und gemessen; es betrug 12,5 Kubikzoll bei 52° F. und 29,2 Zoll Barometerstand. Auf vollkommene Trockenheit, mittlere Temperatur und mittleren Druck reducirt, betrug es 12,15453 Kubikzoll, wozu noch halb so viel an Sauerstoff kommt, welcher zu der *Anode*, d. h. zu dem Zink gegangen seyn mufste. Es waren also 18,232 Kubikzoll Sauerstoff und Wasserstoff aus dem durch den elektrischen Strom zersetzten Wasser entwikkelt worden. Nach der früher (791) angenommenen Schätzung des Gewichts der gemengten Gase, ist dieses Volum gleich 2,3535544 Gran, und diefs daher die Gewichtsmenge des zersetzten Wassers. Diese Menge verhält sich zu 8,45, der Menge des oxydirten Zinks, wie 9 zu 32,31. Nimmt man nun 9 zur Aequivalentzahl des Wassers, so ist 32,5 die Aequivalentzahl des Zinks [1]); eine hinreichend nahe Uebereinstimmung, um zu zeigen, was in der That nicht anders seyn konnte, dafs für ein Aequi-

1) Der Versuch wurde mehrmals mit demselben Erfolg wiederholt.

lent oxydirten Zinks ein Aequivalent Wasser zersetzt worden seyn mufste.

867) Betrachten wir aber, *wie* das Wasser zersetzt wird. Es wird elektrolysirt, d. h. voltaisch zersetzt, und nicht (wie es scheint) in der gewöhnlichen Weise chemischer Zersetzungen; denn der Sauerstoff erscheint an der *Anode* und der Wasserstoff an der *Kathode* des zersetzt werdenden Körpers, und diese standen in vielen Theilen des Versuchs über einen Zoll aus einander. Ferner war die gewöhnliche chemische Verwandtschaft unter den Umständen des Versuchs nicht stark genug, das Wasser zu zersetzen, wie es zur Genüge die Wirkungslosigkeit auf die Platte *B* erwiefs. Der voltasche Strom war also wesentlich. Um jede Idee zu entfernen, als wäre die chemische Verwandtschaft allein hinreichend zur Zersetzung des Wassers gewesen, und als möchte unter den obigen Umständen ein schwächerer Elektricitätsstrom des Wasserstoff zum Hingange zur *Kathode* veranlafst haben, brauche ich mich nur auf die Resultate zu berufen, welche ich (807. 813) gegeben habe, um zu zeigen, dafs die chemische Action an den Elektroden nicht den geringsten Einflufs auf die zwischen ihnen zersetzt werdenden *Mengen* von Wasser und anderen Substanzen ausüben, sondern dafs diese gänzlich von der Menge der durchgegangenen Elektricität abhängen.

868) Was ergiebt sich nun aus dem ganzen Versuch als eine nothwendige Folgerung? Wohl diefs: dafs die chemische Action auf 32,31 Theile oder ein Aequivalent Zink in dieser einfachen voltaschen Kette im Stande war eine solche Menge Elektricität in Gestalt eines Stroms zu entwickeln, die beim Durchgang durch Wasser, 9 Th. oder ein Aequivalent von dieser Substanz zersetzen konnte. Erinnert man sich der bestimmten Elektricitäts-Relationen, wie sie in den früheren Theilen dieses Aufsatzes entwickelt worden sind, so zeigen die Resultate, dafs die Elektricitätsmenge, welche, wenn sie im natürlichen Zu-

stande mit den Körpertheilchen verknüpft ist, diesen ihre Verbindungskraft verleiht, fähig ist, in einen Strom versetzt, diese Theilchen aus ihrem Verbindungszustand herauszureifsen, oder, mit anderen Worten, *dafs die Elektricität, welche eine gewisse Menge von Substanz zersetzt, und die, welche bei der Zersetzung derselben Menge entwickelt wird, gleich sind.*

869) Die Harmonie, welche diese Theorie von der bestimmten Entwicklung und der entsprechenden bestimmten Wirkung der Elektricität einführt in die verwandten Theorien von bestimmten Proportionen und von der elektro-chemischen Affinität, ist sehr grofs. Ihr gemäfs sind die äquivalenten Gewichte der Körper einfach diejenigen Mengen von ihnen, welche gleiche Elektricitätsmengen enthalten oder gleiche elektrische Kräfte besitzen. Es ist die *Elektricität*, welche die Aequivalentzahl *bedingt*, *weil* sie die Verbindungskraft bedingt. Oder wenn wir die Atomentheorie annehmen, sind es die in ihrer gewöhnlichen chemischen Action zu einander äquivalenten Atome der Körper, welche im natürlichen Zustande mit gleichen Mengen von Elektricität verknüpft sind. Aber ich mufs bekennen, ich bin vorsichtig (*jealous*) mit dem Ausdruck *Atom*; denn wiewohl es sehr leicht ist von Atomen zu reden, ist es doch sehr schwierig sich eine klare Idee von deren Natur zu machen, besonders wenn zusammengesetzte Körper in Betracht kommen.

870) Ich kann nicht umhin hier an die schöne Idee zu erinnern, welche, glaube ich, Berzelius (703) in der Entwicklung seiner Ansichten über die elektro-chemische Theorie der Affinität ausgesprochen hat, dafs nämlich Wärme und Licht, die bei kräftigen Verbindungen entwickelt werden, die Folge der in dem Momente der Verbindung stattfindenden elektrischen Entladung sind. Diese Idee stimmt vollkommen überein mit der von mir gefafsten Ansicht über die mit den Körpertheilchen verknüpfte Elektricitäts*menge*.

871) Bei dieser Darstellung des Gesetzes von der bestimmten Wirkung der Elektricität und deren entsprechenden Proportion in den Körpertheilchen, behaupte ich nicht schon jeden Fall von chemischer oder elektro-chemischer Action unter die Herrschaft desselben gebracht zu haben. Es giebt, besonders in Bezug auf die zusammengesetzten Theilchen der Materie und die resultirenden elektrischen Kräfte, welche diese besitzen müssen, viele Betrachtungen theoretischer Natur, welche erst mit der Zeit ihre Entwicklung finden können; und eben so giebt es viele experimentelle Fälle, wie z. B. die durch schwache Verwandtschaften gebildeten Verbindungen, die gleichzeitige Zersetzung von Wasser und Salzen u. s. w., welche noch einer näheren Untersuchung bedürfen. Was indefs auch die Resultate hinsichtlich dieser und vieler anderer Punkte seyn mögen, so glaube ich doch nicht, dafs die von mir aufgestellten Thatsachen oder die aus ihnen hergeleiteten allgemeinen Gesetze dadurch irgend eine bedeutende Aenderung erleiden werden; und sie besitzen, ungeachtet Vieles unvollkommen und ungethan blieb, Wichtigkeit genug, um ihre Bekanntmachung zu rechtfertigen. In der That ist es ein großer Vorzug unserer Wissenschaft, *der Chemie*, dafs Fortschritte in derselben, seyen sie grofs oder klein, statt den Gegenstand der Untersuchung zu erschöpfen, vielmehr Thore öffnen zu neuen und umfassenderen Kenntnissen, die Denen, welche die leichte Mühe einer Experimental-Untersuchung nicht scheuen, Freude und Nutzen in Fülle gewähren.

872) Die Bestimmtheit der Elektricitätsentwicklung verbunden mit der Bestimmtheit ihrer Wirkung beweist, meiner Meinung nach, dafs der elektrische Strom durch chemische Zersetzung oder vielmehr durch chemische Action, und nicht blofs durch den Contact unterhalten wird. Allein hier, wie schon früher (857), enthalte ich mich einer Meinung über die eigentliche Wirkung des Contact, in-

dem ich es mir habe noch nicht klar machen können, ob er eine erregende Ursache des Stromes ist oder bloß nothwendig erfordert wird, um die Leitung der anderswie erzeugten Elektricität von Metall zu Metall zu gestatten.

873) Angenommen indeſs, daſs chemische Action die Quelle der Elektricität sey: Welch ein unendlich kleiner Bruchtheil von der in Thätigkeit befindlichen ist es, den wir in unseren voltaschen Batterien erhalten und benutzen! Ein Zink- und ein Platindraht, $\frac{1}{18}$ Zoll dick und etwa $\frac{1}{2}$ Zoll lang, eingetaucht in eine so verdünnte Schwefelsäure, daſs sie nicht merklich sauer schmeckt, oder kaum auf unsere empfindlichsten Probepapiere wirkt, entwikkelt in $\frac{1}{20}$ Minute mehr Elektricität, als irgend Jemand auf einmal freiwillig durch seinen Körper gehen lassen möchte. Die chemische Action eines Grans Wasser auf vier Gran Zink entwickelt eben so viel Elektricität als ein mächtiges Donnerwetter! (868. 861). Auch ist es nicht bloſs wahr, daſs diese Elektricitätsmenge in Thätigkeit sey: sie kann so geleitet werden, daſs sie ihre volle äquivalente Wirkung (*duty*) thut (867 ff.). Ist nicht daher mit vielem Grunde zu hoffen und zu glauben, daſs wir durch eine genauere *Experimental*-Untersuchung der Principien, welche die Entwicklung und Wirkung dieses subtilen Agens regieren, in den Stand gesetzt werden, die Kraft unserer Batterien so zu erhöhen oder neue Instrumente der Art zu erfinden, daſs sie mehr als tausendmal stärker sind als die uns gegenwärtig zu Gebote stehen?

874) Hier muſs ich die Betrachtung der *bestimmten festen chemischen Action der Elektricität* für eine Weile verlassen. Doch bevor ich diese Reihe von Experimental-Untersuchungen schlieſse, möchte ich noch in Erinnerung bringen, daſs ich in einer früheren Reihe gezeigt habe, daſs der elektrische Strom auch *in seiner magnetischen Action bestimmt (fest)* ist (366. 367. 376. 377); und wiewohl dieſs Resultat nicht weiter verfolgt wurde, so

zweifle ich doch nicht, dafs der Erfolg, welcher die Bemühung um die chemischen Wirkungen begleitete, nicht gröfser gewesen ist als der, den eine Untersuchung der magnetischen Erscheinungen haben würde.

Royal Institution, 31. Dec. 1833.

XLVIII. *Ueber die Beschaffenheit der durch kreisrunde Oeffnungen aus dünner Wand strömenden Flüssigkeitsstrahlen; von Hrn. Felix Savart.*

(Schlufs von S. 477).

---

§. XIII.

Um noch mehr zu verdeutlichen, was für eine Rolle bei dieser Erscheinung die Schallwellen spielen, welche den Behälter und die darin enthaltene Flüssigkeit treffen, müssen wir dem Vorgehenden einige Versuche hinzufügen, welche in der Absicht angestellt wurden, die Dimensionen der Wasserstrahlen unter verschiedenen Druckhöhen und für Oeffnungen von verschiedener Weite zu bestimmen, während der Behälter in Bezug auf die Wirkung der Schallwellen unter viererlei Bedingungen versetzt war.

Die Versuche wurden angestellt mit einem schwach konischen Gefäfs, dessen mittlerer Durchmesser 42 Centimeter und dessen Höhe 50 Centimeter betrug. Dieses Gefäfs ward auf ein Gestell gesetzt, bestehend aus vier starken, 2,2 Meter hohen eichenen Ständern, die durch starke Querhölzer mit einander verbunden waren. Die Oeffnung, im Boden des Gefäfses angebracht, erweiterte sich nach aufsen und hatte 6 Millimeter Durchmesser. Der Strahl wurde in einem zweiten ähnlichen Gefäfse auf-

gefangen, das so eingerichtet war, daſs man die Flüssigkeit nach Belieben darin verweilen lassen konnte oder nicht. Die Temperatur des Wassers war 10° C.

Bei der ersten Reihe stand der obere Behälter ohne Zwischenmittel auf dem Gestell, und der untere Behälter unmittelbar auf dem Boden. Letzterer ward beständig leer erhalten, so dafs der trübe Strahltheil beständig auf dessen Boden schlug, und dadurch einen anhaltenden und starken Ton erzeugte, der, indem er sich entweder durch die Luft oder durch die Träger des Gestells zum oberen Behälter fortpflanzte, auf den Zustand des Wasserstrahls einwirken konnte.

Bei der zweiten Reihe war Alles eben so vorgerichtet, nur dafs der untere Behälter sich frei anfüllen konnte, so dafs der Stofs des trüben Strahltheils ein verworrenes Geräusch erzeugte, oder Vibrationen von veränderlicher und unregelmäfsiger Periode, welche sich eben so durch die Luft oder die Ständer des Gestells zum oberen Behälter fortpflanzten.

Bei der dritten Reihe konnte sich der untere Behälter ebenfalls frei anfüllen; allein er war durch ein etwa 2 Decimeter dickes Kissen, gebildet aus mehren Lagen Wollenzeug, von dem Boden getrennt, so dafs der obere Behälter nur durch die ihm mittelst der Luft zugeleiteten unregelmäfsigen Vibrationen erschüttert wurde.

Bei der vierten Reihe endlich war der obere Behälter durch eine weiche Unterlage vom Gestell getrennt, und das Gestell seinerseits ebenfalls durch eine solche vom Boden. Der untere Behälter ruhte auf demselben Kissen wie in der dritten Reihe und der Strahl fiel auf ein ihm fast paralleles Brett, welches im unteren Behälter befestigt war. Bei dieser Vorrichtung konnten nur die von aufsen mittelst der Luft zugeleiteten Schallwellen auf den oberen Behälter einwirken.

Höhe des Wassers im oberen Behälter.	4c,5.	12c.	27c.	47c.
	Länge des zusammenhängenden Strahltheils.			
1. Reihe	36c	55c	74c	90c
2. Reihe	40	58	82	112
3. Reihe	84	117	134	155
4. Reihe	107	126	143	158

Nachdem statt der Oeffnung von 3 Millim. eine von 6 Millim. genommen worden, wurden unter denselben Umständen folgende Resultate erhalten:

Höhe des Wassers im oberen Behälter.	4c,5.	12c.	27c.	47c.
	Länge des zusammenhängenden Strahltheils.			
1. Reihe	12c	17c	29c	40c
2. Reihe	16	25	41	55
3. Reihe	21	32	50	65
4. Reihe	24	39	58	78

Aus diesen Versuchen folgt: 1) dafs die Länge des zusammenhängenden Strahltheils zunimmt, in dem Maafse als die Erschütterungursachen abnehmen. 2) Dafs der Einflufs einer Erschütterung desto gröfser ist, je kleiner die Druckhöhe. 3) Dafs derselbe Einflufs auch desto gröfser ist, je beträchtlicher der Durchmesser der Oeffnung. Ich kann hier noch hinzufügen, dafs es mir bei dem zu diesen Versuchen angewandten Apparate unmöglich war, selbst nur annähernd, die Länge des zusammenhängenden Strahltheils zu messen, wenn die Oeffnung 9 Millimeter im Durchmesser hatte.

Um endlich eine klare Idee von der Gesammtheit dieser Erscheinungen zu geben, habe ich in den beiden folgenden Tafeln die Hauptdimensionen aller Theile zweier Strahlen, die aus Oeffnungen von 6 und von 3 Millimet. Durchmesser strömen, für den Fall zusammengestellt, dafs das untere Gefäfs direct mit dem Boden in Berührung steht, und das Wasser darin ein constantes Niveau behält.

Oeffnung von 6 Millimeter Durchmesser. Temperatur der Luft und des Wassers 10° C.

Druck auf die Oeffnung.	Länge des zusammenhängenden Strahltheils	Länge der Bäuche.	Durchmesser der Bäuche.	Durchmesser der Knoten.	Kleinster Durchmesser des zusammenhängenden Strahls bei a, Fig. 3 [1]).
47c	112c	60c	1c,2	0c,9	0c,22
27	82	39	1 ,1	0 ,8	0 ,21
12	59	30	1 ,0	0 ,75	0 ,2
4 ,5	40	25	0 ,9	0 ,	0 ,2

Oeffnung von 3 Millimeter Durchmesser. Temperatur der Luft und des Wassers 10° C.

Druck auf die Oeffnung.	Länge des zusammenhängenden Strahltheils	Länge der Bäuche.	Durchmesser der Bäuche.	Durchmesser der Knoten.	Kleinster Durchmesser des zusammenhängenden Strahls bei a, Fig. 3 [1]).
47c	55c	16c	0c,6	0c,4	0c,15
27	41	16	0 ,55	0 ,36	0 ,13
12	25	9	0 ,52	0 ,32	0 ,11
4 ,5	16	7 ,8	0 ,5	0 ,28	0 ,1

Obgleich die in diesen beiden Tafeln enthaltenen Messungen nicht vollkommen genau sind, besonders die in Betreff des Durchmessers der Bäuche und Knoten, so wie die des kleinsten Durchmessers vom vollen Strahltheil, so kann man doch aus ihrer Gesammtheit Folgendes schliefsen: 1) dafs bei gleichem Druck der Durchmesser der Bäuche immer sehr nahe dem der Oeffnung proportional ist; 2) dafs die Länge der Bäuche, der Durchmesser der Knoten und der kleinste Durchmesser des vollen Strahltheils abnehmen mit der Fallhöhe und mit dem Durchmesser der Oeffnungen; 3) endlich, dafs die Länge des vollen Strahltheils beinahe proportional ist dem Durchmesser der Oeffnung und der Quadratwurzel aus den Druckhöhen.

Diefs letztere Gesetz gilt gar, wie es die folgende Tafel zeigt, für weit gröfsere Druckhöhen, sobald nur der Strahl sich immer unter gleichen Umständen befindet, wie es z. B. der Fall ist, wenn man ihn auf einen

1) Nämlich Fig. 3 Taf. III (Bd. XXXI). Der Buchstab *a* fehlt in der Figur; man hat sich ihn am Ende des zusammenhängenden Strahltheils stehend zu denken. *P.*

tönenden Körper schlagen läfst, dessen Ebene in allen Fällen genau am Ende des zusammenhängenden Stralttheils angebracht wird, eine Lage, die immer leicht zu bestimmen ist, weil sie der Mitte des ersten Bauchs entspricht, der von den Oscillationen der Tropfen gebildet wird.

Oeffnung von 3 Millimeter Durchmesser. Temperatur der Luft und des Wassers 6° C.

Druckhöhen.	Länge des zusammenhängenden Strahltheils.	Längenverhältnisse d. zusammenhängend. Strahlth.
51	45^c.	1,00
102	65	1,44
153	75	1,66
156	145	3,22

Man sieht daraus, dafs wenn die Druckhöhen wie die Zahlen 1, 2, 3, 9 sind, die Längen des zusammenhängenden Strahltheils sich nahe wie 1, 1,41, 1,73 und 3, d. h. wie die Quadratwurzeln aus jenen Zahlen verhalten.

§. XIV.

Da, wie wir so eben gesehen, die Wirkung der Schallwellen auf den Behälter oder die darin enthaltene Flüssigkeit nicht die Ursache des periodischen Zustands der Wasserstrahlen an der Oeffnung selbst ist, so müssen wir nun untersuchen, ob diese Ursache nicht in den Vibrationen liege, welche in dem Rand der Oeffnung durch die Reibung der Flüssigkeit oder vielleicht durch eine Adhärenz zwischen dem Umfang der Oeffnung und der Flüssigkeit erregt werden könnten. In der That, wenn diefs die Ursache der in Rede stehenden Erscheinung wäre, so müfsten die Natur der Substanz, aus welcher die Oeffnung gebildet ist, eine ungemeine Dünnheit ihres freien Randes, die mehr oder weniger vollkommene Politur der Metallplatte, in welcher sie ausgebohrt ist, und vor Allem die Natur und die Temperatur der Flüssigkeit eine Aenderung in der absoluten Zahl der Vibra-

tionen herbeiführen. Allein keiner dieser Umstände scheint einen merklichen Einfluſs auf den Zustand der Bewegung auszuüben: diese ist dieselbe, man mag die Platte der Oeffnung, falls sie von Messing ist, mit Quecksilber oder mit Fett eingerieben haben, wodurch doch der Zustand der Oberfläche vollständig verändert wird. Endlich kann man auch den Umkreis der Oeffnung mit einem soliden Körper berühren, wodurch die Vibrationen, wenn sie existirten, angehalten oder wenigstens in ihrer Amplitude abgeändert werden müſsten, und doch gewahrt man keine Veränderung in der Form oder dem Zustand des Flüssigkeitsstrahls. Es scheint demnach, daſs, wenn überhaupt die Reibung des Flüssigen und dessen Adhärenz Vibrationen im Rande der Oeffnung hervorrufen, diese Wirkung ungemein schwach ist, wenigstens wenn der Rand der Oeffnung fast in einer Schneide ausläuft.

Der oscillatorische Zustand des Wasserstrahls kann demnach weder der Wirkung von Schallwellen auf den Behälter, noch den Vibrationen des Randes der Oeffnung, noch der Anhaftung der flüssigen Theilchen an dem Umkreis der Oeffnung zugeschrieben werden; und da dieser Zustand schon bei Entstehung des Strahls vorhanden ist, so scheint es, müsse man nothwendig schlieſsen, daſs derselbe von den Eigenthümlichkeiten der Bewegung der Flüssigkeit in dem Behälter abhänge, und daſs die Ausfluſsgeschwindigkeit nicht, wie man bisher geglaubt, gleichförmig sey, sondern in Perioden veränderlich.

§. XV.

Da die Anzahl dieser Pulsationen nicht merklich von der Natur und der Temperatur der Flüssigkeit abhängt, sondern alleinig von der Ausfluſsgeschwindigkeit und dem Durchmesser der Oeffnung, so ist zu vermuthen, daſs die Schwere die einzige Ursache dieser Erscheinung sey, und daſs sie erzeugt werden müsse durch sehr kleine Oscillationen der gesammten Flüssigkeitsmasse, die in der Mitte

sich periodisch senkt und hebt, während sie nach dem Rande hin eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne ausführt. In dieser Voraussetzung sind alle horizontalen Schichten der Flüssigkeit der Sitz einer analogen Bewegung, wie sie eine am Rande freie Scheibe vollzieht, wenn sie normale Schwingungen macht, und sich dabei in zwei schwingende Theile theilt, welche durch eine kreisrunde Knotenlinie getrennt sind.

In der That begreift man, dafs, in dem Augenblick, wo die Oeffnung frei ist, die unmittelbar über ihr befindliche Flüssigkeitssäule zuerst ausfliefsen werde, dafs dadurch die Flüssigkeit in der Mitte ein wenig sinken, und dagegen nach dem Rande hingestofsen und daselbst um etwas steigen müsse, dafs folglich die ganze Masse zum Sitz ähnlicher Oscillationen werde, wie sie unter dem blofsen Einflusse der Schwere in einem Heber mit aufgerichteten Armen stattfinden.

Wenn aber diefs in der That die Ursache der Pulsationen ist, die an der Ausflufsöffnung stattfinden, so wird es schwer halten, darüber einen directen Beweis zu geben; denn nahe bei der Oeffnung sind die Auswüchse, welche durch den Vorübergang der ringförmigen Anschwellungen gebildet werden, so schwach, dafs man sie nicht wahrnehmen kann, und es ist daher nicht vorauszusetzen, dafs man die Oscillationen der oberen Fläche der Flüssigkeit wird sichtbar machen können, da deren Amplitude noch weit kleiner seyn mufs.

In dieser Hypothese, die mir mit keiner der bisher betrachteten Thatsachen im Widerspruch zu stehen scheint, lassen sich alle Eigenthümlichkeiten in dem Zustande des Wasserstrahls leicht erklären. Es werden nämlich die Theile des Strahls, welche bei jeder herabgehenden Bewegung des Mittentheils der Flüssigkeit ausströmen, zusammengedrückt, diejenigen aber, welche bei den hinaufgehenden Bewegungen ausströmen, ausgedehnt seyn, so dafs der Strahl sich in eine gewisse Anzahl Theile theilt,

welche bei ihrem Falle analoge periodische Dilatationen und Contractionen erleiden, wie wir sie in den Tropfen, die sich vom unteren Ende des Strahles ablösen, nachgewiesen haben.

Daraus würde folgen, dafs die Elasticität so wie die Temperatur derselben einen Einflufs auf die Dimensionen des Strahls ausüben müfste, wiewohl sie keinen auf die Zahl der Pulsationen ausübt. Diefs findet nun aber wirklich statt. Die Länge des zusammenhängenden Strahltheils ist desto beträchtlicher als die Flüssigkeit zusammendrückbarer ist, wie es folgende Tafel zeigt, welche die Resultate von Versuchen enthält, die mit verschiedenen Flüssigkeiten, unter einem Druck von 50 Centimetern, bei der Temperatur 10° C. und mit einer Oeffnung von 3 Millimeter Durchmesser angestellt wurden.

	Zusammendrückbarkeit unter einer Atmosphäre, berechnet in Milliontheilen des ursprünglichen Volums.	Länge des zusammenhängenden Strahltheils.
Aether	131,35	90 Centim.
Alkohol	94,95	80 -
Wasser	47,85	70 -
Ammoniakflüssigkeit	33,05	46 -

§. XVI.

Es scheint nicht, dafs die regelmäfsigen oder unregelmäfsigen Vibrationen, welche die Dimensionen des zusammenhängenden Strahltheils und die der Amplitude der Oscillationen der Tropfen so bedeutend abändern, einen merklichen Einflufs auf die ausfliefsende Flüssigkeitsmenge ausüben. Diese Menge bleibt sich nämlich gleich, der obere Behälter mag durch Kissen isolirt seyn oder nicht, er mag mit einer Stimmgabel oder Glocke, die mit dem Ton des Strahls in Einklang steht, berührt werden oder nicht, der untere Behälter mag mit dem Boden in Berührung stehen oder nicht, oder endlich der Strahl ge-

radezu in das in diesem Behälter enthaltene Wasser fallen oder auf eine feste Ebene, die mit dem Strahl fast parallel ist. Wenigstens schien sich diefs aus verschiedenen Versuchen zu ergeben, die mit dem S. 520 näher beschriebenen Gefäfs und einer daran angebrachten Oeffnung von 3 Millim. Durchmesser angestellt wurden. Denn nach einem Ausflufs, der in allen diesen Fällen 8′ 15″ gedauert hatte, war die Menge der ausgeflossenen Flüssigkeit beinahe gleich, ein Beweis, dafs der Einflufs auf die Vibrationen, wenn er nicht gleich Null, doch mindestens sehr schwach ist.

§. XVII.

Es ist eine fast allgemeine Meinung, dafs der trübe Theil der Wasserstrahlen ein Gemenge sey von Wasser und Luft, und dafs der Widerstand der Luft die Gestalt der Wasserstrahlen bedeutend abändere. Allein alle Versuche, welche man bisher über diesen Gegenstand angestellt, und wobei man die Flüssigkeit in anfangs luftleeren und darauf luftvollen Recipienten ausströmen gelassen hat, sind nothwendig ungenau, weil man die Wirkung der vom Stofs des Strahles selbst erzeugten Schallwellen nicht berücksichtigte, eine Wirkung, die je nachdem der Recipient leer oder luftvoll ist, sehr verschieden ausfällt. Bei Berücksichtigung dieses Umstandes, beweist der Versuch, dafs, wenn überhaupt der Widerstand der Luft die verschiedenen Theile der Wasserstrahlen abändert, diefs nur in Besonderheiten geschehen könne, die unseren Sinnen entgehen, denn die Länge des zusammenhängenden Strahltheils und die der durch die Oscillationen der Tropfen gebildeten Bäuche scheinen im luftleeren und luftvollen Raume sehr nahe gleich zu seyn.

Fig. 3 Taf. V stellt den Apparat vor, den ich gebrauchte, um mich von der Wahrheit dieser Thatsache zu überzeugen. Er besteht aus drei sehr verschiedenen Theilen: einen oberen *AB*, welchen ein 64 Centimeter hohes und 22 Centim. im Durchmesser haltendes messin-

1834. ANNALEN №. 34.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXIII.

genes Gefäfs ist und die Flüssigkeit enthält; einem mittleren *CD*, nämlich einer Glasröhre von 158 Centimet Höhe und 10 Centimet. Durchmesser; und endlich einem unteren *EF*, welches ein zweites, dem oberen ähnliches Messinggefäfs ist und zur Aufnahme der ausgeflossenen Flüssigkeit dient. Das obere Gefäfs hat eine kleine Klappe, durch welche man, mittelst des Hebels *L*, die Oeffnung *o* verschliefsen kann [1]). Das Gefäfs *AB* ist verbunden mit der Glasröhre *CD* durch die Bleiröhre *RM*, deren Ende *M* in die zum Eingiefsen der Flüssigkeit dienende Oeffnung *K* eingelassen ist, und deren anderes Ende *A* einen Hahn besitzt, durch den man nach Belieben den oberen Behälter mit der Glasröhre in Gemeinschaft setzen kann. Das untere Gefäfs, welches durch die weite Oeffnung *N* in directer Verbindung mit der Glasröhre steht, besitzt auch ein Bleirohr *T*, welches an eine Luftpumpe geschraubt wird. Es folgt aus dieser Vorrichtung, dafs wenn man das untere Gefäfs evacuirt, auch die Glasröhre *CD*, und, wenn der Hahn *R* geöffnet ist, auch der obere Theil des Gefäfses *AB* luftleer werden mufs, und andererseits, dafs wenn man das Rohr *T* nicht mit der Luftpumpe, und das Rohr *TM* nicht mit der Oeffnung *K* verbindet, das Ausfliefsen in freier Luft geschieht.

Da man vor Allem mit diesem Apparat zu erreichen suchen mufs, dafs die Schallwellen, welche durch den Stofs des Strahls erregt werden, möglichst gleich seyen beim Ausflufs im luftvollen und luftleeren Raum, so liefs ich den Strahl auf ein dickes und sehr schief gegen ihn gestelltes Brett *PP* fallen, welches vor der Zusammenfügung des Apparats in denselben gebracht war. Hiedurch gab der Stofs des Strahls, wenn das Ausfliefsen

1) In Fig. 4 Taf. V vergröfsert dargestellt.

im luftleeren Raum geschah, nur einen äufserst schwachen Ton, und man hatte also nicht zu fürchten, dafs die entstandenen Schallwellen merklich auf den Behälter rückwirkten; es blieb also nur die Wirkung der durch die festen Theile des Apparats fortgepflanzten Wellen übrig, und diese Wirkung war gleich, der Apparat mochte luftvoll oder luftleer seyn.

Bei diesem Verfahren ergab sich bei einer Druckhöhe von 50 Centim. und einer Oeffnung von 3 Millim. Durchmesser die Länge des zusammenhängenden Strahltheils gleich 60 Centim., der Ausflufs mochte im luftleeren oder luftvollen Apparat geschehen. Bei mehrmaliger Wiederholung dieses Versuchs wurde immer dasselbe Resultat erhalten, nur dafs in einigen Fällen diese Länge in der Luft etwas kürzer als im Leeren gefunden wurde; diefs scheint immer der Fall seyn zu müssen, denn wenn der Ausflufs in einer dichteren Flüssigkeit als die Luft geschieht, z. B. in einem eben so dichten Fluidum als das ausfliefsende, so verkürzt sich die Länge des zusammenhängenden Strahltheils bedeutend, und übertrifft den Durchmesser der Oeffnung nicht mehr als zwei bis drei Mal.

Um sich von dieser Wahrheit zu überzeugen, braucht man nur an einen Behälter eine verticale Röhre anzusetzen, dessen untores, mit einer Oeffnung versehenes Ende in ein Gefäfs voll Wasser taucht. Bringt man den Finger nahe an die Oeffnung, so fühlt man in einem gewissen Abstande von ihr, der nicht zwei bis drei Mal so grofs ist als der Durchmesser des Strahls, eine analoge Pulsation, wie die, welche man empfindet, wenn man, falls der Ausflufs in der Luft geschieht, den Finger an das Ende des vollen Strahltheils hält. Oberhalb und unterhalb dieses Punkts nimmt die Amplitude der Oscillationen rasch ab.

Auf diese Weise ist leicht zu ersehen, dafs, bei gleicher Druckhöhe, die Zahl der Vibrationen desto kleiner ist, je gröfser der Durchmesser der Oeffnung ist, und

dafs auch diese Zahl weit kleiner ist wie im Fall das Ausfliefsen in der Luft geschieht. Hienach ist also wahrscheinlich, dafs der Widerstand der Luft die Länge des vollen Strahltheils verkürzte, aber so wenig, dafs es durch die von mir angewandten Verfahrungsarten nicht sichtbar gemacht werden konnte. Man mufs überdiefs bemerken, dafs die ausfliefsende Menge abnimmt in dem Maafse, als das Mittel, in welchem der Ausflufs geschieht, einen gröfseren Widerstand leistet, und dafs demgemäfs schon aus dieser einzigen Ursache die Länge des zusammenhängenden Strahltheils kürzer seyn mufs in der Luft als im Leeren.

§. XVIII.

Im Allgemeinen weichen die horizontal ausströmenden Wasserstrahlen in ihrer Beschaffenheit nicht wesentlich ab von denen, welche vertical von oben nach unten strömen. Nur bemerkt man, dafs, bei übrigens gleichen Umständen, die Länge des klaren und ruhigen Theils etwas geringer, und der gröfste Durchmesser der Tropfen etwas gröfser ist, wenn der Strahl horizontal ausströmt. Von der Oeffnung an bis zum Anfang des trüben Theils nimmt der Durchmesser bei allen Querschnitten des Strahles ab, indefs langsamer von einem gewissen Abstande von der Oeffnung an. Uebrigens können die Gestalt und das Ansehen des Strahls durch die Schallwellen eben so modificirt werden wie beim senkrecht herabgehenden Strahl. Die Figur 11 Taf. III (Bd. XXXI) stellt einen horizontal ausströmenden Strahl vor, der in ein sich frei anfüllendes Gefäfs fällt; die Fig. 12 (derselben Tafel) zeigt den nämlichen Strahl unter dem Einflufs von Schallwellen.

§. XIX.

Strömt der Strahl schief von unten nach oben, so beobachtet man noch dieselben Erscheinungen, so lange der Winkel, den er mit dem Horizonte macht, nicht über 20° bis 25° hinausgeht. Ueber diesen Punkt hinaus bis zu 45° und 50° scheint aber der zusammenhängende

Theil, von einem kleinen Abstande von der Mündung an bis zum Anfang des trüben Theils, beinahe gleichen Durchmesser zu haben. Dieser trübe Theil zeigt eine wichtige Abänderung, darin bestehend, dafs die Tropfen, aus denen er besteht, nicht sämmtlich eine einzige Curve beschreiben, sondern eine Art Garbe, deren Discontinuität überall augenfällig ist, und dafs diese Tropfen parabolische Curven beschreiben, die sämmtlich in einer Ebene liegen (Fig. 13 Taf. III Bd. XXXI).

Diese Zerstreuung der Tropfen in einer nämlichen Vertical-Ebene scheint mir davon herzurühren, dafs der zusammenhängende Strahltheil der Sitz einer unregelmäfsigen Vibrationsbewegung ist, hervorgerufen durch die periodisch veränderliche Ausflufsgeschwindigkeit, und ohne Zweifel auch durch die Art, wie sich die Tropfen von einander trennen, was nicht so regelmäfsig geschieht, wie im Fall der Strahl senkrecht herabgeht. Unter dem Einflufs von Vibrationen einer bestimmten Periode ist diese Vibrationsbewegung zur Annahme einer grofsen Regelmäfsigkeit fähig, so dafs die Tropfen sich nicht eher ablösen als bis die Amplitude des Strahls ihr Maximum und ihr Minimum erreicht, wodurch es alsdann zwei sehr deutliche trübe Strahltheile giebt, von denen jeder in eine gewisse Anzahl Bäuche von sehr regelmäfsiger Gestalt getheilt ist (Fig. 14 Taf. III Bd. XXXI). Es kann gar geschehen, dafs sich unter dem Einflufs einer andern Zahl von Vibrationen drei solche trübe Theile bilden (Fig. 15 ibid.); allein immer giebt es eine Vibrationsanzahl, für welche sich die Garbe in einen einzigen vollkommen regelmäfsigen Strahl auflöst (Fig. 16 ibid.), und dann ist der zusammenhängende Strahltheil am meisten verkürzt, so dafs zu vermuthen steht, es sey diefs dann der Fall, wenn die Anzahl der mitgetheilten Vibrationen gleich ist der der Pulsationen der Oeffnung.

Wenn der aufsteigende Strahl einen Winkel kleiner als 45° bis 40° mit der Verticale macht, so wird

der zusammenhängende Theil, der bei Winkeln von 45° bis 75° überall, von der Contraction bis zum Anfang des trüben Theils, beinahe gleichen Durchmesser zu haben scheint, allmälig von dem ersten bis zum zweiten dieser Punkte dicker, so dafs es dann wirklich einen Querschnitt giebt, welcher ein zusammengezogener genannt zu werden verdient, weil er nämlich kleiner ist als die vorangehenden und nachfolgenden (Fig. 17 Taf. III Band XXXI).

Ungeachtet dieser wichtigen Abänderung, welche die Gestalt des zusammenhängenden Strahltheils erleidet, unterlassen Vibrationen von einer bestimmten Periode nicht, eben so auf diesen Strahltheil einzuwirken, als wenn er frei von oben nach unten fällt (Fig. 18 daselbst), so dafs es scheint, der Ausflufs geschehe für jede Richtung des Strahls immer mit einer periodisch veränderlichen Geschwindigkeit, und die Trennung, wie die Bildung der Tropfen hänge zugleich nicht von der durch die Schwerkraft bewirkten Beschleunigung ab, da beide Vorgänge eben so stattfinden, wenn der Strahl von unten nach oben ausströmt.

§. XX.

Was die Zahl der Pulsationen an der Oeffnung betrifft, so wird sie desto kleiner für einen herabgehenden Strahl, einen je gröfseren Winkel derselbe mit der Lothrechten macht, und für einen aufsteigenden Strahl, einen je kleineren Winkel dieser mit der Lothrechten macht. Der Unterschied zwischen der Anzahl von Vibrationen, wenn der Strahl senkrecht herab- oder wagerecht fortströmt, ist unbedeutend; allein dieser Unterschied ist sehr grofs zwischen einem horizontalen und einem senkrecht aufsteigenden Strahl. Indefs habe ich hierüber nichts Genaues ermitteln gekonnt, weil, wenn der Strahl nur unter einem Winkel von 45° in die Höhe steigt (bei 50 Centim. Druckhöhe und 3 Millimet. Oeffnung), der Stofs des trüben Strahltheils gegen eine Membrane schon zu

schwach ist, um diese in Vibration zu setzen, so dafs zur Festsetzung der Zahl von Pulsationen nichts übrig bleibt, als mit einem Saiteninstrument aufzusuchen, was für ein Ton die Gestalt und die Dimensionen des Strahls am stärksten abändert, ein Mittel, welches ohne Controle kein vollkommenes Vertrauen einflöfsen kann. Wir beschränken uns demnach mit der Angabe, dafs, unter der bezeichneten Druckhöhe und Oeffnung, die auf diese Weise geschätzte Zahl der Pulsationen 355 auf die Secunde zu betragen schien, wenn der Strahl unter einem Winkel von 45° in die Höhe schofs; dafs aber diese Zahl 600 war, wenn der Strahl von oben nach unten ging.

Rückblick.

Fafst man die verschiedenen Ergebnisse, zu denen die Kette der in dieser Arbeit enthaltenen Versuche geführt hat, in der natürlichen Ordnung zusammen, so gelangen wir zu folgenden allgemeinen Kenntnissen von der Beschaffenheit der Flüssigkeitsstrahlen:

1) Jeder Flüssigkeitsstrahl, der aus einer in ebener und horizontaler Wand gemachten kreisrunden Oeffnung senkrecht von oben nach unten herabschiefst, besteht immer aus zwei, im Ansehen und in der Beschaffenheit sehr verschiedenen Theilen. Der die Oeffnung berührende Theil ist ein Umdrehungskörper, dessen horizontale Querschnitte sämmtlich nach und nach an Durchmesser abnehmen. Dieser erste Theil des Strahls ist ruhig und durchsichtig, einem Glasstab ähnlich. Der zweite Theil dagegen ist immer unruhig und undurchsichtig, wiewohl von so regelmäfsiger Gestalt, um mit Leichtigkeit zu erkennen, dafs er getheilt ist in eine gewisse Anzahl verlängerter Anschwellungen, deren gröfster Durchmesser immer gröfser ist als der der Oeffnung.

2) Dieser zweite Theil besteht aus wohl von ein-

ander geschiedenen Tropfen, die während ihres Falls periodische Gestaltveränderungen erleiden; letztere geben Anlafs zu der Erscheinung von Bäuchen oder Anschwellungen in regelmäfsigen Abständen, wenn man diesen Strahltheil mit blofsem Auge betrachtet. Die scheinbare Continuität dieses Theils hängt davon ab, dafs die Tropfen einander in Zeiträumen folgen, welche kleiner sind als die Dauer der von jedem dieser Tropfen einzeln auf die Netzhaut gemachten Eindrücke.

3) Die Tropfen, welche den trüben Strahltheil bilden, werden erzeugt durch ringförmige Anschwellungen, welche nahe an der Oeffnung entstehen, und sich in gleichen Zeiträumen längs dem klaren Strahltheil fortpflanzen, in dem Maafse als sie herabsinken an Volum zunehmen und sich zuletzt am unteren Ende des klaren und zusammenhängenden Theils ablösen, in eben so grofsen Zeiträumen als die ihrer Bildung und Fortpflanzung.

4) Diese ringförmigen Anschwellungen werden erzeugt durch eine periodische Folge von Pulsationen, die an der Oeffnung selbst stattfinden, so dafs die Ausflufsgeschwindigkeit nicht gleichförmig, sondern periodisch ist.

5) Die Anzahl dieser Pulsationen ist, selbst bei geringen Druckhöhen, immer grofs genug, in einer gegebenen Zeit, um zur Ordnung derjenigen zu gehören, welche durch die Häufigkeit ihrer Wiederkehr zu wahrnehmbaren und vergleichbaren Tönen Anlafs geben. Diese Anzahl hängt nur ab von der Ausflufsgeschwindigkeit, welcher sie direct proportional ist, und von dem Durchmesser der Oeffnung, welchem sie umgekehrt proportional ist. Sie scheint weder von der Natur der Flüssigkeit, noch von der Temperatur derselben verändert zu werden.

6) Die Amplitude dieser Pulsationen läfst sich bedeutend vergröfsern, wenn man der gesammten Masse der Flüssigkeit und den Wänden des Behälters, der sie enthält, Vibrationen von gleicher Periode mittheilt. Unter

diesem fremden Einfluſs, können die Dimensionen und der Zustand des Strahls merkwürdige Veränderungen erleiden: die Länge des klaren und zusammenhängenden Theils kann sich fast auf nichts reduciren, während die Bäuche und der trübe Theil eine Regelmäſsigkeit der Gestalt und eine Durchsichtigkeit erlangen, welche sie für gewöhnlich nicht besitzen. Wenn die Anzahl der mitgetheilten Vibrationen verschieden ist von der der an der Oeffnung stattfindenden Pulsationen, so kann der Einfluſs der ersten selbst die Anzahl der letzteren abändern, doch innerhalb gewisser Gränzen.

7) Die ausflieſsende Menge scheint weder durch die Amplitude noch durch die Anzahl der Pulsationen abgeändert zu werden.

8) Der Widerstand der Luft hat keinen merklichen Einfluſs auf die Gestalt und die Dimensionen der Strahlen, eben so wenig wie auf die Anzahl der Pulsationen.

9) Die horizontal oder gar schief von unten nach oben strömenden Strahlen sind in ihrer Beschaffenheit nicht wesentlich verschieden von denen, die senkrecht von oben nach unten ausströmen; nur scheint die Anzahl der Pulsationen an der Oeffnung desto kleiner zu werden, je mehr der Strahl sich der senkrechten Richtung von unten nach oben nähert.

10) Welche Richtung der Strahl auch haben mag, so nimmt sein Durchmesser doch immer bis zu einer kleinen Entfernung von der Oeffnung sehr rasch ab; wenn aber der Strahl senkrecht herabschieſst, geht diese Abnahme unausgesetzt bis dahin fort, wo der klare Theil sich in dem trüben verliert; dasselbe ist der Fall, wenn der Strahl horizontal fortschieſst, wiewohl alsdann die Abnahme einem weniger raschen Gesetze folgt. Steigt der Strahl schief in die Höhe, und bildet er mit dem Horizont einen Winkel von 25° bis 45°, so sind alle Schnitte senkrecht auf der von ihm beschriebenen Curve, von dem zusammengezogenen Theile an, der die Mün-

dung berührt, beinahe einander gleich; bei Winkeln gröfser als 45° wächst der Durchmesser des Strahls von dem zusammengezogenen Theile an bis zum Anfang des trüben Theils, so dafs blofs dann ein Querschnitt vorhanden ist, welcher mit Recht ein zusammengezogener genannt werden kann.

XLIX. *Neue Beobachtungen über die elektrochemischen Figuren, die elektro-dynamischen Gesetze und den inneren Mechanismus der voltaschen Säule; von Hrn.* **Nobili.**

(Mitgetheilt vom Verfasser in einem besonderen Abzuge aus der *Antologia di Firenze.*)

Wenn man die beiden elektro-chemischen Figuren auf einer einzigen Platte entstehen läfst, erfolgt keine Verminderung in der Anzahl der Farbenringe, aus denen sie bestehen; allein diese sind entstellt und nach innen zu abgeplattet, wie wenn sie zusammengedrückt worden wären oder einander abgestofsen hätten [1]). An der äufseren Seite findet keine merkliche Veränderung statt; die Ringe sind breit und gewöhnlich schwach nüancirt. Diese Farben-Abstufung fehlt aber an der innern Seite gänzlich, selbst wenn die beiden Figuren sehr beträchtlich von einander abstehen (Fig. 10 Taf. I dies. Bandes). Der Raum zwischen beiden ist mit keiner Schicht bedeckt, was beweist, dafs die Abplattung der Ringe nicht, wie ich vermuthete als ich diese Erscheinung zum ersten Male beobachtete, ein mechanischer Effect ist, entsprungen aus dem

1) Was die Darstellung dieser Figuren betrifft sehe man meine früheren Abhandlungen über diesen Gegenstand (Annal. Bd. X S. 392 und 410), besonders die dritte in der *Biblioth. univers.* T. XXXV p. 261.

Zusammentreffen der beiden Schichtarten, welche sich auf die Platte absetzen [1]). Die ersten Figuren, bei denen ich diese Eindrückungen bemerkte, waren zu klein, als dafs ich ihre Gränzen hätte genau erkennen können. Ich hatte damals über die gegenseitige Einwirkung der beiden Figuren nur sehr wenig Beobachtungen gemacht, glaubte indefs bereits, dafs diese Thatsache, besser studirt, zu einigen neuen Resultaten würde führen können. Wir werden sehen, ob das Folgende diese Meinung bestätige.

Verwirft man die Annahme, dafs die Applattung der Figuren aus dem Zusammentreffen der beiden sie bildenden Schichten entspringe, so wird man zu dem Glauben geführt, dafs dieselbe einigermafsen abhänge von den elektro-dynamischen Umständen, in welchen sich die Platte befindet. Aus einem Versuche von Ampère weifs man, dafs die successiven Stücke eines nämlichen Stroms einander abstofsen; man könnte daher in dieser Art von Abstofsung eine hinreichende Ursache erblicken, weshalb die inneren Ränder der beiden Figuren einander abstofsen. Folgende Thatsache wird indefs unsere Meinung über diesen besonderen Punkt besser befestigen.

Es sey AB (Fig. 11 Taf. I) die Platte zur Aufnahme der Figuren unter der Wirkung der beiden Spitzen P und N, welche bis zur Linie ll in eine Flüssigkeit getaucht seyn mögen. Stellt man auf die Mitte der Platte AB eine dünne Glastafel V, welche etwas über das Niveau ll der Flüssigkeit hervorragt, und welche demnach verhindert, dafs sich im Moment, wo man den voltaschen Bogen schliefst, eine directe Communication zwischen den secundären Polen der Platte herstellt, so bilden sich auf AB zwei Figuren; allein, statt durch einen beträchtlichen Zwischenraum getrennt zu seyn, erstrecken sich beide bis an die Scheidewand V, ohne dafs bei den Ringen, welche in diesen Zwischenraum eingeschlossen sind, eine

1) *Biblioth. univers. T. XXXIV p.* 211. 212 (Ann. Bd. X S. 422).

merkliche Aenderung stattfindet. Ersetzt man aber die isolirende Wand *V* durch eine Wand von Metall, so bilden sich die Figuren erst in einigem Abstand; sie sind entstaltet, wie wenn zwischen die Spitzen *P* und *N* keine Wand eingeschoben worden wäre.

Aus dieser Beobachtung kann man schliefsen zunächst, dafs der elektrische Zustand der Platte allein keinen merklichen Einflufs auf die Applattung der beiden Figuren ausübe, und dann, dafs diese Applattung einigermafsen von der Elektricität abhänge, die von der Spitze *P* direct durch die Flüssigkeit zur Spitze *N* übergeht. Dieser letztere Umstand ist wesentlich zur Erzeugung des Phänomens, und wir wollen ihn jetzt in seinen verschiedenen Theilen untersuchen.

Zu dem Ende müssen wir zunächst bemerken, dafs die elektrischen Ströme, sobald sie unterhalb *P* (Fig. 11 Taf. I) in die Platte *AB* eingetreten sind, sie nicht eher verlassen, als bis sie unter der negativen Spitze *N* zu der nämlichen Seite hinausgetreten sind. Bei aufmerksamer Betrachtung der unteren Fläche der Platte findet man nämlich daselbst nie eine Färbung. Drängen die Ströme durch die Platte, um den mehr oder weniger krummen Weg *pon* einzuschlagen, so würden sich an den Punkten ihres Ein- und Austritts secundäre Pole bilden, die mit den gewöhnlichen Schichten bedeckt wären.

Zweitens müssen wir bemerken, dafs eine gröfsere Menge Elektricität durchgeleitet wird, wenn die Platte *AB* in dem flüssigen Leiter unter den Spitzen *P* und *N* befindlich ist, als wenn man sie daselbst nicht eingetaucht hat. Von dieser Zunahme habe ich mich mittelst eines in den Bogen eingeschalteten Galvanometers überzeugt. Bei einem dieser Versuche, den ich in dieser Absicht anstellte, beobachtete ich, ohne Gegenwart der Platte *AB*, am Galvanometer eine Ablenkung von 71°; nach Einführung der Platte unter die Spitzen *P* und *N* stieg diese Ablenkung sogleich auf 75°. Die Säule, deren ich

mich zu diesen Versuchen bediente, bestand aus zwölf Elementen von 4 Zoll Oberfläche; die Platte *AB* war von Platin, und die Flüssigkeit eine Lösung von essigsaurem Kupferoxyd und essigsaurem Bleioxyd, einem für das Auftreten der beiden elektro-chemischen Figuren sehr vortheilhaften Gemenge [1]).

Zwar nimmt die Platte *AB* nur ein sehr unbedeutendes Stück von dem langen Wege ein, den der Strom durchläuft; allein wenn auch dieses Stück nur ein kaum merklicher Bruchtheil von dem ganzen Bogen ist, so spielt er doch eine wichtige Rolle, wenn man ihn in Bezug auf die Strecke betrachtet, welche der Strom in der die beiden Spitzen *P* und *N* eingetaucht enthaltenden Lösung durchläuft. In diesem Vergleiche ist nun die Ursache zu suchen, wodurch die Platte *AB* die Intensität der durchgelassenen Elektricität erhöht. Wenn dieses Bruchstück eines vollkommenen Leiters fehlt, muſs der Strom seinen Weg nothwendig ganz durch den unvollkommenen Leiter nehmen, nämlich durch die zu diesem Versuche angewandte Flüssigkeit. Wenn die Platte *AB* an ihrer Stelle ist, geht der Strom von der Spitze *P* zur Spitze *N*, dabei zum Theil dem flüssigen Leiter, zum Theil dem metallischen folgend. Der zweite Weg ist für den Durchgang des Stroms weit günstiger als der erste, woraus folgt, daſs der Theil, welcher den leichteren Weg einschlug, eine so merkliche Intensitäts-Verstärkung erfährt,

1) Der durch die Platte *AB* gehende Strom läſst sich nachweisen, wenn man diese Platte mit dem Drahte eines Galvanometers verknüpft, sey es innerhalb oder auſserhalb des Gefäſses; das Instrument giebt dabei immer dieselbe Anzeige von einem Strome, der dem Bogen des Stroms der Säule folgt. Dieser Effect ist ziemlich ähnlich dem, welchen man erhält, wenn man die Spitzen eines Galvanometers in die Flüssigkeit taucht. Man muſs ihn nicht mit Faraday's elektro-dynamischen Vertheilungen verwechseln, welche, beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft ganz davon zu unterscheiden sind.

dafs sie mittelst des Galvanometers gemessen werden kann [1]).

Hier bietet sich eine andere Frage dar, nämlich die: Ob die Intensität der durch den feuchten Leiter gehenden Ströme constant sey oder durch die Anwesenheit des metallischen Leiters *AB* veränderlich geworden. Taucht man in die Flüssigkeit, zwischen den Spitzen *P* und *N*, zwei sehr feine Platindrähte ein und verbindet sie mit einem sehr empfindlichen Galvanometer, so beobachtet man an diesem Instrumente eine Ablenkung, die sich um mehre Grade vermindert, sobald man die Platte *AB* unter die Spitzen *P* und *N* bringt. Diese Platte ändert durch ihre Gegenwart die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit nicht, letztere wird dadurch kein besserer oder schlechterer Leiter als sie zuvor war, und die Schwächung, welche die Intensität des Stroms erfährt, rührt nur daher, dafs ein Theil desselben durch den metallischen Leiter geht.

Ohne Zweifel ist die Anwesenheit der Platte *AB* unter den Spitzen *P* und *N* die Ursache, weshalb ein Theil des Stroms durch diese Platte geht, während der übrige seinen Weg von einer Spitze zur andern durch die Flüssigkeit nimmt. Betrachtet man aber die Metalldrähte, ringsum welche die Zersetzung der Flüssigkeit vorgeht, so kann man fragen: was für Punkte es seyen, aus denen der die Platte durchdringende und der blofs durch die Flüssigkeit gehende Strom hervorkomme.

1) Brächte man die Platte, wie ein Diaphragma, zwischen die Spitzen *P*, *N*, so würde man eine umgekehrte Wirkung, nämlich eine Schwächung des Stroms, erhalten, wie es die Versuche des Prof. De la Rive beweisen, welcher den Einflufs metallischer Scheidewände untersucht hat für den Fall, wo der Strom genöthigt ist, sie gänzlich zu durchdringen (Ann. Bd. XV S. 132). Es bleibt noch der Fall zu untersuchen, in welchem blofs ein Theil des Stroms diesen Schirm durchdringt, ein anderer aber ihn umgeht. Ich habe bereits diese Arbeit unternommen und denke sie in der Folge bekannt zu machen.

Man mufs zuvor die Frage vereinfachen, nämlich untersuchen, wie die Bewegung des Stromes zwischen den beiden Polen P und N, unabhängig von der Gegenwart der Platte AB geschehe.

Die Beobachtungen von De la Rive und anderen Physikern lehren uns, dafs die Zersetzungen in der voltaschen Säule längs der ganzen Erstreckung der metallischen Leiter geschieht, die in der zum voltaschen Bogen gehörigen Flüssigkeit eingetaucht sind. Ist aber eine solche Zersetzung überall gleich und instantan, oder ist sie an Zeit und Stärke verschieden in den in die Flüssigkeit eingetauchten Theilen des Metalls? Frühere Beobachtungen beantworten diese Frage nicht; sie sind in zu schwankender Weise gemacht, als dafs sie in einem Falle brauchbar seyn könnten, der sehr genaue Versuche erfordert, weil sie das umständlichste Detail in dem Gang des Stroms von einem der beiden Pole P und N zu dem andern kennen lehren müssen.

Glücklicherweise bieten die elektro-chemischen Figuren ein Mittel dar, die oben erwähnten empfindlichen Phänomene zu studiren. Bei so dünnen Drähten wie P und N sind die Effecte zwar wenig in die Augen fallend, allein bei dickeren Drähten sind sie deutlicher, und noch mehr werden sie es, wenn man statt der Drähte P und N zwei Streifen von Zoll Dicke parallel neben einander aufstellt. Bedient man sich dabei einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd und essigsaurem Kupferoxyd, so beobachtet man die folgenden Erscheinungen.

1) Die elektro-chemischen Schichten bilden sich zunächst in den Winkeln aa' (Fig. 12 Taf. I).

2) Von da breiten sie sich über die drei Ränder ab, aa, $a'b'$ aus, nicht gleichmäfsig über alle drei, sondern über den horizontalen und unteren Rand aa' schneller als über die beiden andern.

3) Nachdem die Figuren diese drei Ränder bekleidet haben, sieht man sie sich über das Innere der Platte

cd ausbreiten, dabei krumme Linien bildend, wie es die Fig. 12 ziemlich deutlich zeigt, nämlich, dafs die Schichten sich in *d* vereinigen, nachdem sie von den Ecken *a* und *a'* ausgingen, darauf die Ränder *ab* und *ab'* durchliefen, und von hier auf das Innere der Fläche *cd* übergingen.

Diese Beschreibung, wie die Fig. 12 gilt für die innere Seite einer der beiden parallelen Streifen. Die äufsere Seite färbt sich etwas später; allein fast in denselben Phasen und ohne von einem erwähnenswerthen Phänomen begleitet zu werden [1]).

Gebraucht man zwei Drähte, *P* und *N* (Fig. 13 Taf. I), so ist der Vorgang nachstehender. Die Strahlung beginnt an den Enden *P* und *N* dieser Drähte, und tritt nach und nach an allen Punkten ein bis zum Niveau der Flüssigkeit *P'' N''*, rascher jedoch an der inwendigen als an der auswendigen Seite.

Diese Reihe von Thatsachen läfst sich nicht aus dem vorhersehen, was man bisher über die Strahlung der Ströme in flüssigen Leitern wufste. Denn statt die Zersetzung an den Enden *P* und *N* beginnen zu sehen, hätte man erwarten sollen, dafs sie im Niveau der Flüssigkeit bei *P''* und *N''*, als den ersten Punkten, wo der Bogen geschlossen ist, anfange, dem ist aber nicht so, und es bleibt uns noch die Erscheinung für den Fall der Anwendung der Platte *AB* (Fig. 14 Taf. I) zu studiren übrig.

Diese Platte wird ihrerseits selbst ein Theil des Bogens, und es ist zwischen den Punkten *P* und *N*, wo die Strahlung des Stromes anfängt. Nach einigen Augenblicken dehnt sich diese Strahlung weiter aus, z. B. bis

1) Macht man den Versuch mit einer blofsen Lösung von essigsaurem Bleioxyd, so findet man nach Verlauf einer gewissen Zeit die beiden Platten ganz überzogen, die positive mit einer schwarzen Schicht, die negative mit farbigem Blei, blofs mit dem Unterschiede, dafs die Schicht auf dem ebenen und inneren Theil der Platten sehr dünn, auf den Rändern aber sehr dick ist.

zu den Punkten P' und N', dabei jedoch immer auf die Platte AB gerichtet bleibend. Allmälig gelangen die Ströme bis zum Niveau $P'' N''$ der Flüssigkeit; allein sie gelangen nicht dahin, ohne sich nicht in zwei Arme getheilt zu haben, von denen der eine, wie zuvor, seine Richtung durch die Platte AB nimmt, der andere aber diesen Weg verläfst, um sich direct von dem einen Draht zum andern zu begeben. In diesem Falle sind es aber blofs die inneren Seiten der Drähte $N'' N$ und $P'' P$ der Drähte, welche diese letzteren Ströme aussenden; die äufseren Seiten fahren fort ihre Ströme gegen die ihrer Wirkung direct ausgesetzten Platte AB auszustrahlen, nachdem sie sich auf diese geworfen haben, lenken sie um, um gegenseitig in den andern Draht überzugehen.

Diefs ist die Ursache, weshalb die elektro-chemischen Figuren von Aufsen hin eine Ausbreitung erfahren, welche nach Innen nicht vorhanden ist, weil die Ströme, welche direct durch den flüssigen Leiter gehen, eben darum nicht auf die Platte strahlen können.

Es ist ohne Zweifel schon Etwas, die in Rede stehende Erscheinung bis zu diesem Punkt erklärt zu haben, aber es ist noch nicht Alles. Es ist nämlich nicht genug zu wissen, dafs die beiden Figuren aus dem eben angeführten Grunde nach Aufsen weiter ausgedehnt sind als nach Innen: man mufs auch noch überdiefs erklären, warum die beiden Figuren so weit aus einander stehen, und warum an der einen Seite die Ringe ohne Farbenabstufung sind und so dicht zusammengedrängt liegen [1]), dafs es unmöglich ist, sie künstlich nachzuahmen.

1) Am besten verhindert man diefs auf folgende Weise: Man bringe auf eine Stahl- oder Platinplatte einen Tropfen einer Bleizukkerlösung, und sorge dafür, dafs derselbe seine Rundung und Wölbung möglichst behalte; berühre darauf die Platte mit der positiven Spitze des Apparats, und nähere nun von der Seite her die negative Spitze dem Tropfen, so dafs sie endlich ein wenig darin eintaucht. Nun schliefse man den Bogen, und man

Es bleibt auch auszumitteln, ob die Abplattung, welche die Figuren an der inneren Seite erleiden, nur hier, stattfinde oder bis zum Mittelpunkt reiche und darüber hinaus.

Läfst man die beiden Figuren auf einer den Spitzen *P* und *N* sehr genäherten Platte entstehen (Fig. 10 Taf. I), so bilden sie sich genau unter diesen Spitzen, und ihre Mittelpunkte scheinen diesen genau zu entsprechen. Entfernt man die Spitzen *P* und *N* von der Platte, so sieht man deutlich, dafs das ganze System verschoben wird. Die Figuren fangen an sich bei *p* und *n* zu bilden (Fig. 15 Taf. I), wie wenn sie einander abstiefsen.

Diese Eigenthümlichkeit, so gut wie jede andere hängt zwar von dem Wege ab, welchen jedes in der Flüssigkeit hergestellte Strom-System genöthigt ist zu nehmen, wenn eins derselben direct zwischen den Spitzen übergeht und das andere durch die Platte *AB* geht; allein, welchen Weg geht im Einzelnen ein jeder dieser Ströme. Ich glaube, es wird derjenige seyn, welcher durch die Ampère'schen Gesetze vorgeschrieben ist, wie ich es folgendermafsen nachzuweisen suchen will.

Die durch das erste Gesetz festgestellte Thatsache ist die Anziehung zwischen den in gleicher Richtung gehenden Strömen. Um dieses Gesetz in Flüssigkeiten nachzuweisen, habe ich statt jedes der gewöhnlichen Drähte einen gabelförmigen Draht *PP'* und *NN'* (Fig. 16) genommen, versehen mit zwei unter sich parallelen und gleich weit von der Platte abstehenden Spitzen. Es bilden sich dann auf jeder Seite zwei kleine Figuren gleicher Art, deren Mittelpunkte in *p*, *p'*, *n*, *n'* liegen, näher an einander als die Spitzen, was mit dem Satz, dafs Ströme von gleicher Richtung einander anziehen, übereinstimmt. Damit die Figuren nicht zusammenfliefsen, mufs

erhält die Figur in Gestalt eines Auges, einigermafsen der abgeplatteten Figur (Fig. 10), aber wesentlich verschieden nach den speciellen Umständen, unter denen der Versuch angestellt ist, wie man späterhin sehen wird.

man eine schwache Säule und sehr feine Spitzen anwenden, und letztere müssen wenig in die Flüssigkeit eintauchen, drei bis vier Linien von der Platte abstehen und unter sich an jedem Draht einen Abstand von zwei bis drei Linien haben.

Um den andern Satz nachzuweisen, d. h. daſs Ströme von entgegengesetzter Richtung einander abstoſsen, muſs man einen Zinnstreif *ss* (Fig. 17 Taf. I) auf einer Platinplatte befestigen und dann auf letzterer die Farbenringe entstehen lassen, welche in essigsaurem Blei die positive Figur *p* bilden. Ohne Anwendung des Zinnstreifens sind die entstehenden Ringe vollkommen kreisrund; mit Anwendung desselben aber sind die äuſseren Ringe nach Seite jenes Streifens abgeplattet, bleiben aber im ganzen Uebrigen ihres Umkreises sich gleich.

Zinn und Platin bilden hier eine voltasche Kette, und die dadurch entstehenden Ströme gehen aus von dem Zinn, welches das *positive* Metall ist, und treten, nachdem sie die Flüssigkeit durchlaufen, in das Platin ein, welches das *negative* Metall ist. Die Ströme der Säule, welche die positive Figur *p* erzeugen, treten zum Platin hinaus, und sie sind folglich entgegengesetzt denen vom Streifen *ss*, welche ihre Fortschritte hemmen, übereinstimmend mit dem durch das zweite Ampère'sche Gesetz gegebenen Satz.

Ich muſs hier bemerken, weil sich Gelegenheit dazu darbietet, daſs die Ströme sich nicht so kreuzen und über einander legen können, wie die Lichtstrahlen; denn jeder Strom ist genöthigt einen Weg für sich einzuschlagen, wie daraus hervorgeht, daſs die beiden entgegengesetzten Figuren, die positive und negative, niemals gleichzeitig existiren können. Sollte diese Bemerkung nicht hinreichen, eine so wichtige Frage, wie die über den wahren Weg der elektrischen Ströme zu entscheiden, so kann ich noch die beiden folgenden Versuche hinzufügen, welche, glaube ich, nichts in dieser Rücksicht zu wünschen übrig lassen.

Man stelle in ein mit Bleizuckerlösung gefülltes Gefäfs vier kleine Platten vertical hin, wie es deren Projectionen in *N*, *N'* und *P*, *P'* (Fig. 18 Taf. I) am Ende der Diagonalen eines Quadrates angeben. Man bringe darauf die auf einer nämlichen Diagonale befindlichen Platten *N*, *P* in den Kreis einer Säule, und die beiden andern Platten *P'*, *N'* eben so in Verbindung mit einer zweiten Säule. Man sieht, dafs man durch diese Vorrichtung zwei Ströme in der Flüssigkeit erhalten müfste, die sich rechtwinklig kreuzten; aber der Vorgang ist ein ganz anderer. Es giebt hier zwei Fälle zu untersuchen, den, wo man sich Säulen von gleicher Stärke, und den, wo man sich Säulen von ungleicher Stärke bedient.

In Voraussetzung des Falls, wo die Säulen gleiche Stärke besitzen, wirken die beiden Säulen nicht einzeln für sich, wie man vermuthen könnte, sondern sie tragen gemeinschaftlich zur Bildung eines einzigen Bogens bei, und geben Anlafs zu Einem elektrischen Strom, welcher zwei Mal durch die Flüssigkeit geht, ein Mal von *P* nach *N* und das andere Mal von *P'* nach *N'*, wie es augenscheinlich die positiven Figuren lehren, welche sich in *P* und *P'* auf Seite von *N'* und *N* zu bilden anfangen.

Diese Verschiedenheit darf nicht einer Ungenauigkeit in der Einrichtung des Apparats zugeschrieben werden, denn dieselben Platten, auf gleiche Weise hingelegt, färben sich auf beiden Seiten gleich, wenn, nach aufgehobener Wirkung einer der Säulen, der Strom der zweiten nothwendig längs der die Platten trennenden Diagonale gehen mufs.

Wendet man Säulen von ungleicher Stärke an, ist der Vorgang der in Fig. 19 Taf. I abgebildete. Ich vermuthe, es sey bei dieser Figur die Säule die stärkere, welche mit den Platten *P* und *N* verbunden ist. Der Strom dieser Säule theilt sich in zwei, einen, der direct längs der Diagonale *PN* geht, und einen anderen, der

sich mit dem schwächeren Strom vereinigt und mit ihm denselben Bogen durchläuft, wie im vorhergehenden Phänomen, dabei zwei Mal durch die Flüssigkeit gehend, einmal den Weg PN und das andere Mal den $P'N'$ einschlagend. Man kann diesen Vorgang mit dem Auge auf der Platte P' verfolgen, da dort die Färbung nur auf Seite von N stattfindet. Die Platte P dagegen färbt sich an allen ihren Punkten, allein stärker nach Seite von N', wohin der Strom der stärkeren Säule geht.

Steht die kräftigere Säule in Verbindung mit den Platten $P'N'$ (Fig. 20), so ist es ihr Strom, der partiell längs der Diagonale $P'N'$ geht; der Rest vereinigt sich mit dem schwächeren Strom, welcher wie gewöhnlich zwei Mal durch die Flüssigkeit geht, wie es die Figur zeigt.

Welcher Theil vom stärkeren Strom ist es aber, welcher direct längs der Diagonale des Gefäfses geht, und welcher circulirt gemeinschaftlich mit dem Strom der schwächeren Säule? — Die Antwort hierauf ergiebt sich naturgemäfs, wenn man erwägt, was in dem Fall von zwei gleich starken Säulen stattfinde (Fig. 18). Wenn eine derselben auf irgend eine Weise eine Verstärkung des Stroms erfährt, wird dadurch weder die chemische noch die galvanometrische Wirkung des Stroms abgeändert; dieser circulirt unabhängig von der ersten gemeinschaftlichen Circulation, welche fortfährt wie zuvor. Alles, was bei den möglichen Combinationen ungleicher Ströme stattfinden kann, besteht also darin, dafs der stärkere Strom zum Theil mit dem schwächeren Strom, zum Theil für sich circulirt. Der letztere Antheil ist nur der Ueberschufs des ersteren über den letzteren.

Die elektro-chemischen Figuren entscheiden also die Frage. Allein es ist zu bemerken, dafs unter diesen Umständen, die Ablenkungen eines in den Kreis der beiden Säulen gebrachten Galvanometers weder gröfser noch kleiner werden; sie bleiben sich gleich, man mag nur eine

einzige Säule in Thätigkeit gesetzt, oder alle beide angewandt haben [1]).

Aus dieser Gleichheit der Resultate hat ein ausgezeichneter Physiker geschlossen, daſs die Ströme wie die Lichtstrahlen die Eigenschaft besäſsen, sich ohne gegenseitige Vermischung frei zu durchkreuzen. Die Thatsache war scheinbar und die Analogie verführerisch, aber nichts destoweniger die aus den Angaben des Galvanometers gezogene Folgerung unrichtig. Dieſs Instrument giebt die Kraft der Ströme an, nicht aber den Weg, den sie durchlaufen, um bis zu ihm zu gelangen; und wenn auch im Allgemeinen mit der Veränderung des Weges eine Veränderung in der Stärke des Stromes eintritt, so giebt es doch Fälle, wo es nicht geschieht, und so zum Beispiel der, welcher zu der Voraussetzung, daſs die Ströme sich kreuzen, Anlaſs gab. Diese Fälle sind interessant und erfordern in verschiedener Hinsicht ein besonderes Studium. Wir werden uns damit bei anderer Gelegenheit beschäftigen, ohne für jetzt in ein weiteres Detail über diesen Gegenstand einzugehen, damit wir nicht den Gang dieser Abhandlung verzögern, deren Zweck nur der ist, eine möglichst richtige Idee von dem Wege zu geben, welchen die Ströme durchlaufen müssen, um die abgeplatteten Figuren (Fig. 10 Taf. I) hervorzubringen.

Betrachtet man Fig. 21 Taf. I, so sieht man den Bogen, welchen die Ströme durchlaufen, einen Bogen, welcher aus der Gesammtheit der vorhergehenden Beobachtungen zu folgen scheint. Die Ströme, welche von der Spitze zur Platte gehen, sind von denen, die direct von einer Spitze zur andern gehen, getrennt durch eine getüpfelte Linie, welche beabsichtigt den Vorgang bei dieser Erscheinung klar zu machen. Die letzteren Ströme sind die stärkeren, und streben beständig dahin, sich die

1) Siehe die Abhandlung des Hrn. Marianini *Ann. de chim. et de phys. T. XLIII p.* 131. (Annal. Bd. XVIII S. 276.)

Fäden (*filets*) anzueignen, die ihnen, so angezogen, durch die Nachbarschaft der Platte *AB* zugelangen. Diese Fäden haben eine entgegengesetzte Richtung und stofsen sich ab, gemäfs dem angeführten Gesetz, sie krümmen sich und ziehen sich zurück in der Weise, dafs sie nach der inneren Seite die mehrmals beschriebenen zusammengedrückten Figuren ohne Farbenabstufung bilden.

Stellt man zwischen die beiden Spitzen *P* und *N* eine isolirende Scheidewand, so nehmen die Ströme, welche von einer Linie zur andern gingen, an Stärke ab; alle, oder fast alle, richten sich gegen die Platte *AB*, und die Erscheinung bietet nichts Ungewöhnliches mehr dar (Fig. 11).

Hier müfste ich diese Abhandlung schliefsen; allein die Erscheinung, welche den Hauptgegenstand derselben ausmacht, ist so innig verknüpft mit dem inneren Mechanismus der Säule, dafs ich mich nicht enthalten kann, noch zwei Betrachtungen anzustellen. Die eine besteht darin, dafs wenn das elektro-dynamische Gesetz von Ampère sich in der Masse der Leiter bestätigt, wie es meine letzten Beobachtungen zu erweisen scheinen, die Chemiker darauf Rücksicht nehmen, und die elektro-dynamischen Sätze mit den elektro-statischen, welche die Grundlage ihrer Wissenschaft ausmachen, verknüpfen müssen, eine Verknüpfung, die vielleicht dazu dienen kann, das elektro-chemische Gebäude, welchem beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft die Festigkeit mangelt, zu reconstruiren.

Die zweite Betrachtung betrifft eine, wie mir scheint, sehr wichtige Thatsache, auf welche sich Fig. 12 bezieht. Wir sehen dabei, dafs die Ströme die offenbarste Neigung haben, sich an den Spitzen und Rändern anzuhäufen, ehe sie in die von ihnen zersetzt werdende Flüssigkeit eindringen. Diefs Resultat ist die Wirkung einer Spannung, erzeugt durch den Mangel an Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit.

Bedient man sich, zur Hervorbringung dieser Wirkung, einer Säule, bestehend aus einer gewissen Anzahl durch ein und dieselbe Flüssigkeit zu gleicher Thätigkeit angeregter Kupfer- und Zinkplatten, und ist diese Säule durch einen Draht geschlossen, dick genug, um den Strom des ganzen Apparats zu entladen, so kann man folgern, dafs der Strom ganz oder sehr nahe continuirlich sey. Unter diesen Umständen ist der circulirende Strom dem eines einzigen Plattenpaares gleich, wie es die Physiker sehr wohl wissen, und wie es Hr. Marianini auf eine einleuchtende Weise gezeigt hat [1]). Bei diesem Zustand der Dinge ist der Mechanismus der Säule auf seine gröfste Einfachheit zurückgeführt, weil die Wirkung einer grofsen Anzahl Plattenpaare sich auf die eines einzigen reducirt.

Wenn wir nun den Draht, welcher die Säule schliefst, durchschneiden, und die Enden desselben in irgend eine Flüssigkeit tauchen, so ist der Draht, der, so lange er zusammenhing, wegen seiner grofsen Leitungsfähigkeit dem Strom der Säule wenig oder gar keinen Widerstand leistete, ersetzt durch eine Flüssigkeit, welche, wie gut sie auch leiten mag, doch immer ein unendlich schlechterer Leiter als das Metall ist. Was wird nun die Folge einer für die Regelmäfsigkeit der Circulation so ungünstigen Stellvertretung seyn? — Der Strom findet in der Flüssigkeit einen Widerstand, welcher die Schnelligkeit seiner Fortpflanzung verringert. Diefs ist bereits bekannt, allein wir werden weiter gehen. Wenn die Circulation zuvor continuirlich war, wird sie jetzt intermittirend seyn; und wenn sie schon intermittirend war, wird sie es jetzt noch mehr seyn; wenn früher in der geschlossenen Kette keine merkliche Spur von *Spannung* übrig blieb, wird jetzt eine solche sichtbar werden durch die Tendenz des Stroms, sich an den Spitzen und Rändern anzuhäufen, ehe er in die Flüssigkeit eintritt, die seinen gewöhnlichen

1) *Saggio di esperienze elettro-metriche. Venezia* 1825.

Lauf unterbricht. Der Mechanismus der Säule wird in diesem Fall eine Abwechslung von Spannungen und Strömen. Der Strom hält an der Spitze, in der sich der metallische Leiter endigt, für einen Augenblick ein, und dieser Augenblick ist der, worin die Spannung auftritt und das elektrische Fluidum sich, gemäfs den bekannten elektro-statischen Gesetzen, nach den Spitzen und Rändern hinbegiebt. In dem folgenden Augenblick tritt die Elektricität in die Flüssigkeit ein, und schliefst ihren Kreislauf, um abermals auf einen Punkt der Unterbrechung zu gelangen, wo sich dieselben Umstände wie vorhin wiederholen.

Diese Abwechslung ist jedoch ein sehr verwickelter Vorgang. Es handelt sich nicht mehr um einen Strom, der von irgend einem Plattenpaar der Säule ausgeht, ohne dafs die übrigen Plattenpaare daran Theil nehmen; vielmehr handelt es sich um einen Strom, welcher einhält an den Enden eines sehr unvollkommenen Leiters, der momentan den Dienst eines isolirenden Körpers verrichtet, und zu dessen Effect die Umstände der isolirten und geschlossenen Säule mitwirken, die ersteren, weil jedes Plattenpaar seinen Impuls dem angehaltenen Strome giebt, die letzteren, weil, je stärker und rascher der circulirende Strom ist, eine desto gröfsere Anhäufung von Elektricität an dem Punkte der Unterbrechung stattfindet, an welchem Punkt der Strom so lange verweilt, bis er Stärke genug erlangt hat, um sich wieder Bahn zu brechen.

Dafs die Elektricität an dem Punkte der Unterbrechung den Zustand der Spannung annimmt, ist keine willkührliche Hypothese; es ist eine Thatsache, die durch den Vergleich der beiden Resultate, welche man im Momente des Schliefsens und Oeffnens einer einzigen Wollaston'schen Kette erhält, augenscheinlich gemacht werden kann. Im letzteren Fall, nämlich in dem eines raschen Oeffnens, erhält man einen Funken; niemals erhält man diesen aber beim Schliefsen, weil hiebei die

Spannung sehr schwach ist [1]). Diese Thatsache führte mich zu der Idee eines *elektro-dynamischen Condensators*, nachdem es mir und Hrn. Antinori gelungen, einen elektrischen Funken aus gewöhnlichen Magneten zu erhalten [2]), eine Thatsache, die ich nur anführe, um für die neuen Ansichten über den inneren Mechanismus der Säule das Interesse zu erwecken, welches sie beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft in Anspruch nehmen.

L. *Ueber die Vibrationen zwischen Metallmassen von ungleicher Temperatur.*

Bereits im 24. Bd. der Annalen, S. 466, berichteten wir über eine zwar nicht neue (a. a. O. S. 472, Anmerk.), aber jedenfalls beachtenswerthe, von Hrn. Trevelyan gemachte, Erfahrung, gemäfs welcher ein erhitztes Metallstück von der geeigneten Form auf einer kalten Unterlage von Metall in tönende Schwingungen geräth, und fügten zugleich die dadurch veranlafste Untersuchung und Erklärung Faraday's hinzu. Seit der Zeit, während welcher der ursprüngliche Trevelyan'sche Versuch sicher an vielen Orten (gleich wie in Berlin) mit Erfolg wiederholt worden ist, haben wir zwei Abhandlungen über diesen Gegenstand erhalten, eine von Hrn. Trevelyan selbst (*Philosoph. Magaz. Ser. III Vol. III p.* 321) und die andere von Hrn. Forbes (Ebendaselbst, *Vol. IV p.* 15 und 182), letztere namentlich in der Absicht angestellt, um die in den Augen des Verfassers unzu-

1) *Antologia di Firenzo, No.* 131 *p.* 153 und *No.* 136. (Annal. Bd. XXVII S. 436.)

2) Gewöhnlich macht man diesen Versuch in der Luft, weil sie isolirt; er gelingt indefs auch in feuchten Leitern, z. B. in Wasser und Salzlösungen.

längliche Erklärung Faraday's durch eine vollkommnere zu ersetzen. Beide Abhandlungen vermehren indefs unsere Kenntnisse von dieser artigen Erscheinung in der Hauptsache nicht, und so wird es genügen, wenn wir unter den darin enthaltenen Einzelheiten die hauptsächlichsten mittheilen.

Aus Hrn. Trevelyan's Abhandlung erfahren wir zunächst, wodurch er zu seiner Beobachtung veranlafst worden, und damit auch, wie die eigenthümliche Form des nach ihm benannten Instruments entstanden ist. Hr. T. wollte nämlich (9. Febr. 1829) Pechpflaster machen, fand aber, dafs er dazu das Pflastereisen zu sehr erhitzt hatte; er legte es daher zur Abkühlung mit dem vorderen Ende auf einen Bleiklotz, und dabei hörte er dann bald darauf einen schrillenden hohen Ton, welcher, wie er sagte, Aehnlichkeit hatte mit dem der kleinen Northumberland-Pfeife, die seines Vaters Hägereiter zu spielen pflegte.

Die Formen, welche Hr. T. späterhin den einzelnen Theilen seines Instrumentes gab, sieht man abgebildet in Fig. 9, 10 und 11 Taf. II Bd. XXXI. Fig. 9 bezweckt, die (mineralogisch gesprochen) gerad abgestumpfte Kante des sogenannten Wacklers zu zeigen, mit welcher dieser, nachdem er zweckmäfsig erhitzt worden ist, auf das oben abgerundete Bleistück *c* (Fig. 10) gelegt wird, so dafs, wie aus der Figur zu ersehen, der dünne Holzstiel *a* auf dem Tische ruht. Früher hatte diese untere Kante der Länge nach eine Furche, welche sich aber als unwesentlich gezeigt, dagegen ist der Wackler oben ausgefurcht, um seinen Schwerpunkt tiefer zu legen; und das Bleistück ruht auf einer Platte mit drei Stellschrauben, um es in die richtige Lage bringen zu können. Die Bleifläche mufs etwas rauh oder uneben seyn, die Unterfläche des Wacklers dagegen möglichst glatt.

Der Ton dieses Instruments entsteht bekanntlich durch ein äufserst schnelles Wackeln des Stabes auf seiner abgestumpften Kante; um dieses Wackeln sichtbar zu ma-

chen legt Hr. T. quer auf den Stab einen kleinen Balancier *b*, Fig. 10, in der Mitte parallelepipedisch gestaltet, damit er nicht auf dem geneigten Stab herunter gleite, und an jedem Ende mit einer Kugel versehen, um die Oscillationen deutlicher zu machen. Legt man den Wackler so auf das Bleistück, dafs er frei balancirt, so vibrirt er sowohl der Quere als der Länge nach; beide Bewegungen werden dann durch den Balancier sichtbar.

Fig. 11 zeigt einen metallenen Ring *b*, den Hr. T. zuweilen statt des Bleistücks als Unterlage anwendet; auf der einen Seite des Randes ruht der Wackler mit seiner stumpfen Kante, auf der gegenüberstehenden der runde Stiel desselben, und zwar am besten in einem Kerb, der zu dem Ende in den Rand eingeschnitten ist.

Statt des obigen Wacklers kann man sich auch eines dicken, einige Zoll im Durchmesser haltenden Kupferrings bedienen. Hängt man diesen, sagt Hr. T., nachdem er erhitzt worden ist, auf einen kalten Bleistab, so vibrirt er rück- und vorwärts, und legt man ihn auf einen schmalen Bleiklotz, so macht er Vibrationen auf- und niederwärts. (Einen solchen Ring wendet auch Hr. **Forbes** an; der Bleiklotz mufs dazu auf seiner oberen Fläche die Gestalt der Unterfläche des Wacklers haben, nämlich bestehen aus zwei unter einem sehr stumpfen Winkel gegen einander neigenden Flächen, deren Kante durch eine dritte schmale Fläche gerade abgestumpft ist; auf letztere wird der heifs gemachte Ring gelegt, so dafs er im kalten Zustand darauf ruhen würde.)

Hr. T. hat eine grofse Anzahl Versuche mit verschiedenen Metallen angestellt, um auszumitteln, welche von diesen als kalte Unterlage und welche als heifse Wackler angewandt werden können. Er ist dadurch zu dem Resultate gelangt, dafs fast je zwei Metalle oder Metalllegirungen auf diese Weise einen Ton hervorbringen, doch mit verschiedenen Graden der Stärke und Leichtigkeit, ja, er will sogar einen Ton erhalten haben, als Unter-

lage und Auflage aus gleichem Metall, oder erstere aus Glas bestand (die beiden letzteren Resultate bestreitet indefs Hr. Forbes); nur mit Wismuth schlugen alle Versuche fehl. T. fand ferner, dafs die Luft keinen Antheil an der Erzeugung der Töne habe (wodurch er seine frühere Meinung, als sey ein Luftzug in der Furche der unteren Kante wesentlich, berichtigt), ein Resultat, zu dem indefs schon der verstorbene Leslie auf gleichem Wege (nämlich durch die Anstellung des Versuchs unter der evacuirten Campane der Luftpumpe) gelangt ist. Endlich überzeugte sich auch Hr. T., dafs Elektricität und Magnetismus ohne Einflufs auf die Entstehung dieser Töne seyen, und demgemäfs nimmt er in dieser Hinsicht die von Leslie aufgestellte Theorie an, welche im Wesentlichen mit der von Faraday zusammenfällt.

Die Resultate, welche Hr. Forbes in seiner sehr ausführlichen Abhandlung angiebt, sind der Hauptsache nach folgende:

1) Beide Substanzen müssen Metalle seyn.

2) Die Vibrationen finden niemals zwischen zwei Stücken des nämlichen Metalls statt.

3) Die Stärke der Vibrationen ist (innerhalb gewisser Gränzen) proportional dem Unterschiede des Wärme- (oder Elektricitäts-) Leitungsvermögen der Metalle, wobei dann das wenigstleitende Metall nothwendig das kältere seyn mufs.

Zur Stütze dieses Satzes stellt er die Metalle, geordnet nach ihrer Wärmeleitung, ihrer Elektricitätsleitung, ihrer Empfänglichkeit für den sogenannten vorübergehenden Magnetismus [1]) und ihrem Vermögen zum Vibriren (gemäfs den von ihm gemachten Versuchen) neben einander auf.

1) Diese Resultate sind entlehnt aus einer Abhandlung von Harris in den *Phil. Transact. f.* 1831. *Pt. I p.* 67 — [Die Zahlen neben den Metallen drücken dis Stärke aus, mit welcher diese Metalle eine schwingende Magnetnadel zur Ruhe bringen; sie sind mittelst einer von Hrn. Harris aufgestellten Formel her-

Wärmeleitung.	Elektricitätsleitung.	Vorübergehender Magnetismus [1].			Vibrationsvermögen.
Gold	Silber	Silber,	gewalzt	30	Silber
Silber	Kupfer	Kupfer,	-	29	Kupfer
Kupfer	Gold	-	gegossen	20	Gold
Messing	Zink	Gold,	gewalzt	16	Zink
Eisen	Messing	Zink,	gegossen	10	Messing
Zink	Eisen	Zinn	-	6,9	Platin
Platin	Platin	Blei	-	3,7	Eisen
Zinn	Zinn	Antimon	-	1,3	Zinn
Blei	Blei	Wismuth	-	0,45	Blei
Antimon	Antimon				Antimon
Wismuth	Wismuth				Wismuth.

Auf *Antimon* und *Wismuth* konnte er kein Metall zum Vibriren bringen; nur ein einziges Mal glückte es mit einem sehr heifsen Wackler von *Messing*, späterhin aber nicht wieder.

4) Die Zeit der Berührung zwischen zwei Punkten der Metalle mufs länger seyn, als die der Berührung zwischen intermediären Portionen.

5) Der Impuls wird gegeben durch einen abgesonderten Procefs an jedem Punkt der Berührung des Stabes mit der Unterlage, und niemals ist eine metallische Verbindung zwischen den beiden Stützpunkten an dem Stabe oder zwischen denen an der Unterlage wesentlich.

Hr. F. gebraucht immer, entweder einen auf der stumpfen Unterkante ausgefurchten Stab oder eine ausgefurchte Unterlage, so dafs der Stab immer in *zwei* Punkten oder in *zwei* kleinen Flächen die Unterlage berührt. Er hat dabei gefunden, dafs nur diese beiden Punkte oder kleinen Flächen an dem Stabe von einem

geleitet aus der Anzahl von Schwingungen, welche die Magnetnadel innerhalb eines Ringes von jenen Metallen (theils in der Luft, theils im Vacuo) vollbrachte, um von der Amplitude 45° auf die von 10° herabzukommen. Für gefrorenes Quecksilber fand er so die Zahl 2,0, für flüssiges 1,0. Auch Holz, Marmor, und selbst *Wasser* (Ann. Bd. XXVII S. 552 und Bd. XXIX S. 275) gaben ihm eine Wirkung. Die Zahlen sind aus mehren Rücksichten nur als rohe Annäherungen zu betrachten. *P.*]

Metall zu seyn brauchen, damit der Stab eben so vibrire als wenn er ganz aus demselben Metall bestehe. Ein Bleistab mit ein Paar zweckmäfsig geformten und eingelassenen Stückchen Kupfer vibrirt auf diesen eben so wie ein Stab ganz von Kupfer [1]). Was den zweiten Satz betrifft, so hat er durch Versuche gezeigt, dafs man statt der Unterlage mit einer Furche (die natürlich bei Anstellung des Versuchs in Eine Verticalebene mit der Axe des Stabs gebracht seyn mufs), z. B. statt Einer ausgefurchten Bleimasse, zwei unter sich ganz getrennte Bleimassen anwenden kann, nur so dicht zusammengelegt, dafs der Stab (bei der angegebenen Lage) mit seiner Unterkante gleichzeitig auf beiden Massen ruhe.

6) Die Stärke der Vibration ist (mit gewissen Ausnahmen) proportional dem Temperatur-Unterschiede beider Metalle.

Was endlich die Theorie dieser Erscheinung (die, wie Hr. F. sich direct überzeugt, nicht thermo-elektrischen Ursprungs ist) betrifft, so scheint derselbe geneigt, die von einigen Physikern [2]) präsumirte Abstofsungskraft der Wärme als das Ursächliche des Phänomens anzusehen.

1) Wie Hr. F. bemerkt, giebt diefs ein Mittel, Metalle, von denen man nur kleine Massen haben kann, hinsichtlich dieses Vibrationsvermögens zu prüfen. (Wenn indefs, wie nicht zu bezweifeln, Wärmeleitung, Ausdehnbarkeit durch Wärme und Wärmecapacität die Elemente sind, von denen die Erscheinung abhängt, so sind der Fall mit eingelassenen Stücken und der mit einem massiven Stabe von dem Metall dieser Stücke wohl nicht ganz einerlei. *P.*)

2) Fresnel (Ann. Bd. IV S. 355). Saigey (Férussac, *Bullet. Sect. I T. IX p.* 89. 167. 239.)

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz des Hrn. Prof. Neumann. Bd. XXVII.

Seite 243 Zeile 12 von oben, statt Durchschnittslinie, liefs Durchschnittslinien und statt Ebene liefs Ebenen.

— 245 Z. 4. v. o. st. Wirkung, l. Wirkung der Wärme.

— 246 Z. 14. v. o. st. durch die in optischer Hinsicht, l. durch die Erfahrungen in optischer Hinsicht.

— 246 Z. 4 v. u. st. und krystallographische, l. und die krystallographische.

— 250 Z. 6 und 7 v. u. st. P, o, n, a, l. P on a.
P, o, n, d, l. P on d.
st. E, l. ε.

— 252 Z. 4 v. u. st. E, l. ε.

— 253 Z. 1 v. u. st. vorstellen, l. darstellen.

— 253 Tafel, Z. 2 st. nf, l. mf.

— 254 Z. 6 bis 10 *st. des* N *vor den lateinischen Buchstaben P und S mufs* 𝔑 *stehen.*

— 258 Z. 9 v. u. st. finden, l. fanden.

— 262 Z. 11 v. u. st. $\frac{\Delta c}{R}$, l. $\Delta\frac{c}{R}$.

— 264 Z. 9 v. u. hinter Δc ist einzuschalten: und φ um $d\varphi$.

— 265 Z. 1 v. u. st. $=$, l. $-$

— 266 Z. 9 v. o. st. $1-\frac{\Delta R''}{R''}$, l. $1+\frac{\Delta R''}{R''}$.

— 267 Z. 3 v. o. st. $\cos X +$, l. $\cos X =$

— 270 Z. 5 v. o. st. 17, l. 7.

— 270 Z. 8 v. o. st. $\frac{\Delta a}{\Delta A}10{,}154$, l. $\frac{\Delta a}{\Delta A}=10{,}154$.

— 274 Z. 8 v. u. st $\frac{2}{3}b$, l. $\frac{3}{2}b$.

— 274 Z. 2 v. u. st. E, l. ε.

— 274 Z. 1 v. u. st. $a:a:c$, l. $a:b:c$.

Auf der Kupfertafel Bd. XXVII Taf. III Fig. 2.

In der Zone *Mnuvl* statt 22° 8', l. 20° 15'.
statt 8° 49' l, 10° 39'.

Zum Aufsatz des Hrn. Prof. Suckow, Bd. XXIX.

Seite 503 Z. 10 v. o. l. $\frac{\infty O2}{2}$ st. $\frac{\infty O1}{2}$.

— 503 Z. 12 v. o. l. dergestalt, st. dargestellt.

— 503 Z. 4 v. u., in der Anmerkung, l. $\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$, st. $\frac{3O\frac{2}{3}}{2}$.

Zum Aufsatz des Hrn. Dr. Wackernagel, Bd. XXIX.

Seite 509 Z. 4 v. o, l. 1, st. *r*.
— 509 Z. 11 v. u. l. verbürgen, s. verkürzen.
— 510 Z. 8 v. o. l. der, st. deren.
— 510 Z. 9 v. o. l. oberen, st. ebenen.
— 511 Z. 10 v. u. l. ihr, st. ihren.
— 511 Z. 8 v. u. l. Dimensions, st. Divisions.
— 512 Z. 3 v. u, l. an st. ent.
— 512 Z. 2 v. u. l. wenigerem, st. wenigem.
— 513 Z. 2 v. o. l. von, st. an.
— 513 Z. 4 v. o. l. ge, st. zer.
— 513 Z. 9 v. o. l. *ρ*, st. *r*.
— 513 Z. 12 v. o. l. Fest, st. Fehl.
— 514 Z. 2 v. o. l. den, st. der.
— 514 Z. 2 v. o. kein, st. Ecke.
— 514 Z. 13 v. o. l. oberen, st. ebenen.
— 514 Z. 5 v. u. l. Pfitscher, st. Pfitzschen.

Zum Aufsatz des Hrn. Prof. Zeise, Bd. XXXI.

Seite 371 Z. 10 v. u. st. gewöhnlich, l. schwierig.
— 374 Z. 17 v. o. st. seinen Grund blofs, l. seinen Grund nicht blofs.
— 389 Z. 13 v. u. st. mit, l. durch.
— 393 Z. 11 v. u. st. von dem es etc., l. selbst noch so wenig davon verräth sich dadurch, dafs das gebildete Wasser auf Lackmuspapier wirkt.
— 391 Z. 8 v. o. st. bewirkt sogar die etc., l. dafs die Flüssigkeit nur durch schwachen Weingeist gefällt wird.
— 394 Z. 1 v. u. st. Thialöl, l. Thialäther.
— 396 Z. 18 v. o. st. weingelb, l. milchig.
— 396 Z. 26 v. o. st. erstickender, l. stechender.
— 401 Z. 3 v. u. st. Mercaptans, l. Mercaptums.
— 402 Z. 14 st. Mercaptan, l. Mercaptum.
— 403 Z. 2 v. u. st. fahl, l. milchig.
— 407 Z. 6 st. die zu einer, l. mit der Vorsicht zu einer Mercaptumlösung zugesetzt, dafs die Ausfällung nicht vollständig werde.

Seite 407 Z. 5 v. u. st. Mercaptum, l. Mercaptan.

— 409 Z. 5 v. o. st. und in, l. sich in einem Ueberschuſs des Fällmittels auflöst.

— 413 Z. 8 st. bei der Menge, l. bei einer Menge anderer Stoffe, welche, bevor die Glühhitze.

— 413 (Anm.) Z. 9 v. u. st. Auskochen, l. Auswaschen.

— 414 Z. 2 v. u. st. Wasserstoff, l. Wasser.

— 417 Z. 1 v. u. st. Luft, l. Ladung.

— 420 Z. 12 st. den Sauerstoff, l. das Oxyd.

— 424 Z. 10 st. $C^4H^6+H^2O$, l. $C^4H^6+2H^2O$.

— 424 Z. 13 st. Schon die etc., l. Die jetzigen Thatsachen.

— 425 Z. 10 v. u. st. kaltem, l. kochendem.

— 426 Z. 15 v. o. st. selbst im verdünnten, l. selbst im nicht verdünnten.

— 428 Z. 2 v. o. st. 39,9317, l. 38,9317.

— 428 Z. 14 v. o. st. und überdieſs ist das etc., l. und überdieſs ist vielleicht das,

— 428 Z. 7 v. u. st. doch nur mit etc., l. doch hier fast nur.

— 430 Z. 3 v. u. st. Mercaptan, l. Mercaptum.

Zum Aufsatz des Hrn. Munck af Rosenschöld, Bd. XXXI.

Seite 440 Z. 2 v. u. st. mit Wassergas geschwängerte, welcher Ausdruck hier nicht paſst, l. feuchte.

— 445 Z. 7 st. schwächer, l. schmäler.

— 446 Z. 4 v. u. st. noch, l. doch.

— 450 Z. 10 v. u. st. Erhitzen, l, Einsetzen.

— 451 Z. 2 st. 2‴, l. 2″.

— 459 Z. 3 st. nach, l. nach derselben.

— 461 Z. 6 v. u. st. $1\frac{3}{3}$, l. $1\frac{2}{3}$.

— 461 Z. 2 v. u. st. Morgen, l. Morgen um 8 Uhr.

— 461 Z. 1 v. u. st. daher, l. daher nur.

— 462 Z. 6 st. bis ich, l. ich bis.

— 463 Z. 26 st. Feuchtigkeitsgrade, l. Feuchtigkeitspunkte.

Zum Aufsatz des Hrn. Prof. Dove, Bd. XXXI.

Seite 556 und 557 in den 4 vorletzten Zeiten, st. Frühling, Sommer, Herbst, Winter, l. Winter, Frühling, Sommer, Herbst.

Zum Aufsatz des Hrn. Busolt, Bd. XXXII.

Seite 657 Z. 9 st. Zink und Blei, l. Antimon und Blei.

— 658 Z. 15 v. u. ist hinzuzusetzen: Statt der Peitschenschnur von Hanf ist eine solche von gezogenem Leder, wie sie jeder Riemer verkauft, ihrer gröſseren Dauerhaftigkeit wegen vorzuziehen.

Zum Aufsatz vom Hrn. Prof. Berzelius, Bd. XXXIII.

Seite 2 Z. 9 v. u. st. wir wissen weder, ob u. s. w., wir wissen nicht, dafs u. s. w., und eben so Z. 8 v. u. st. ob, l. dafs.

Seite 4 Z. 11 v. u. mufs es heifsen: Die Meteorsteine sind durchsetzt mit Eisen, welches, wenn der Stein, wie es mit den Mineralien der Erdkruste immer der Fall ist, mit lufthaltigem Wasser befeuchtet wird, allmälig zu Eisenoxydhydrat rosten mufs.

— 15 Z. 16 st. eine Zersetzung, l. keine Zersetzung.

— 16 Z. 3 st. geschmeidigeres, l. geschmeidiges.

— 17 Z. 8 st. $\dot{\bar{F}}e\dddot{C}r$, l. $\acute{F}e\dddot{C}r$.

— 30 Z. 14 bis 16 st. Lontalax, l. Lautolax. (Der Fehler, *Lontalax* st *Lautolax* zu schreiben, findet sich ohne Ausnahme in allen deutschen Schriften, die von dem bei diesem Orte geschehenen Meteorsteinfall handeln.)

— 32 Z. 19 st. Lontalax, l. Lautolax.

Zum Aufsatz des Hrn. Prof. v. Bonsdorff, Bd. XXXIII.

Seite 74 Z. 2 st. habe, l. hatte.

— 87 Z. 9 st. der Wassergehalt, l. das Bestandtheilsverhältnifs.

— 89 Z. 18 v. u. mufs die Formel heifsen: $3\overset{cc}{Ka}\,\overset{cc}{Hg} + \overset{cc}{Cu}\,\dot{\bar{H}}^2$.

Zum Aufsatz des Hrn. F. v. Wrede, Bd. XXXIII.

Seite 353 Z. 18 v. u. st. nicht für befugt, l. nur für befugt.

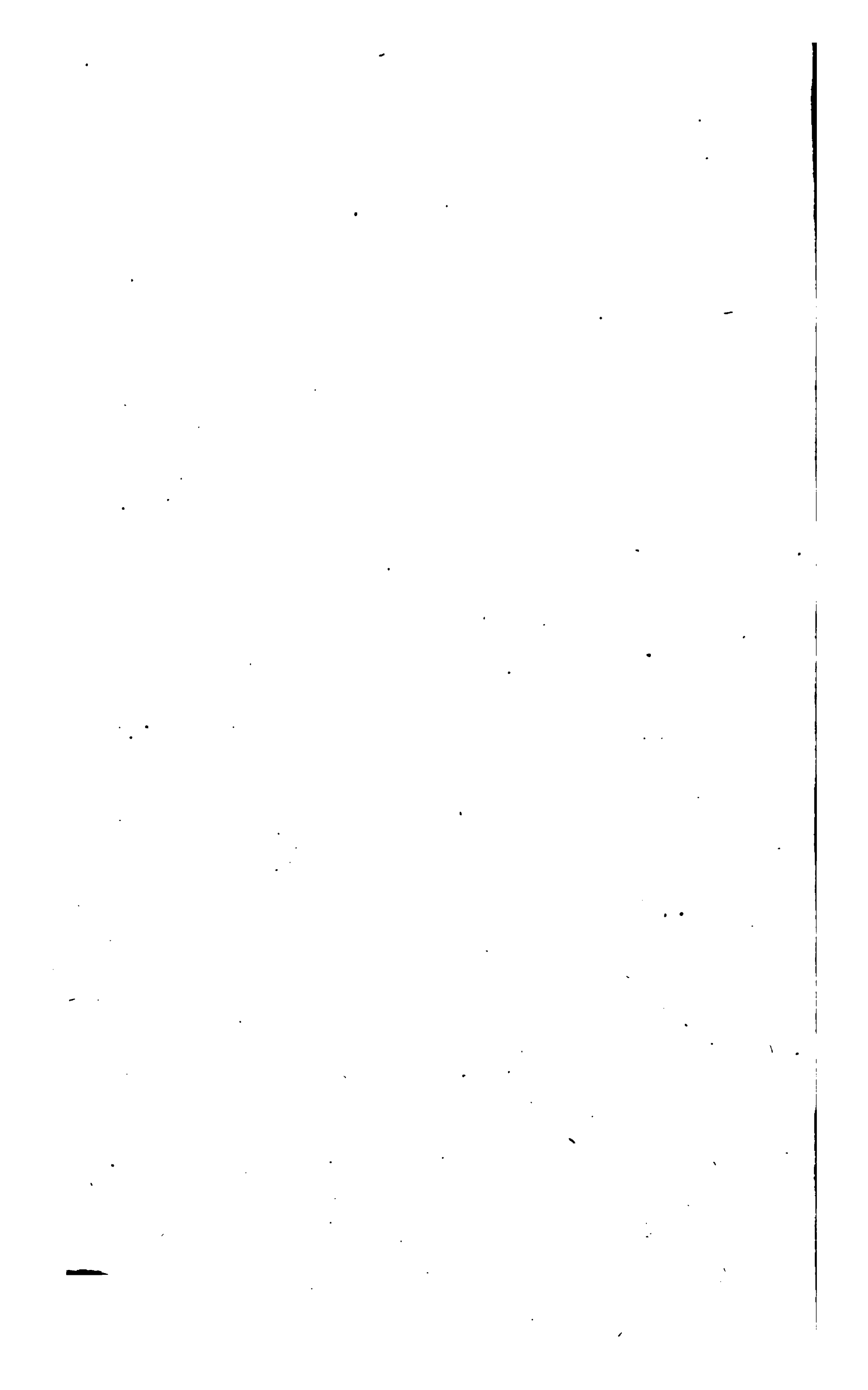
Zum Aufsatz des Hrn. Faraday.

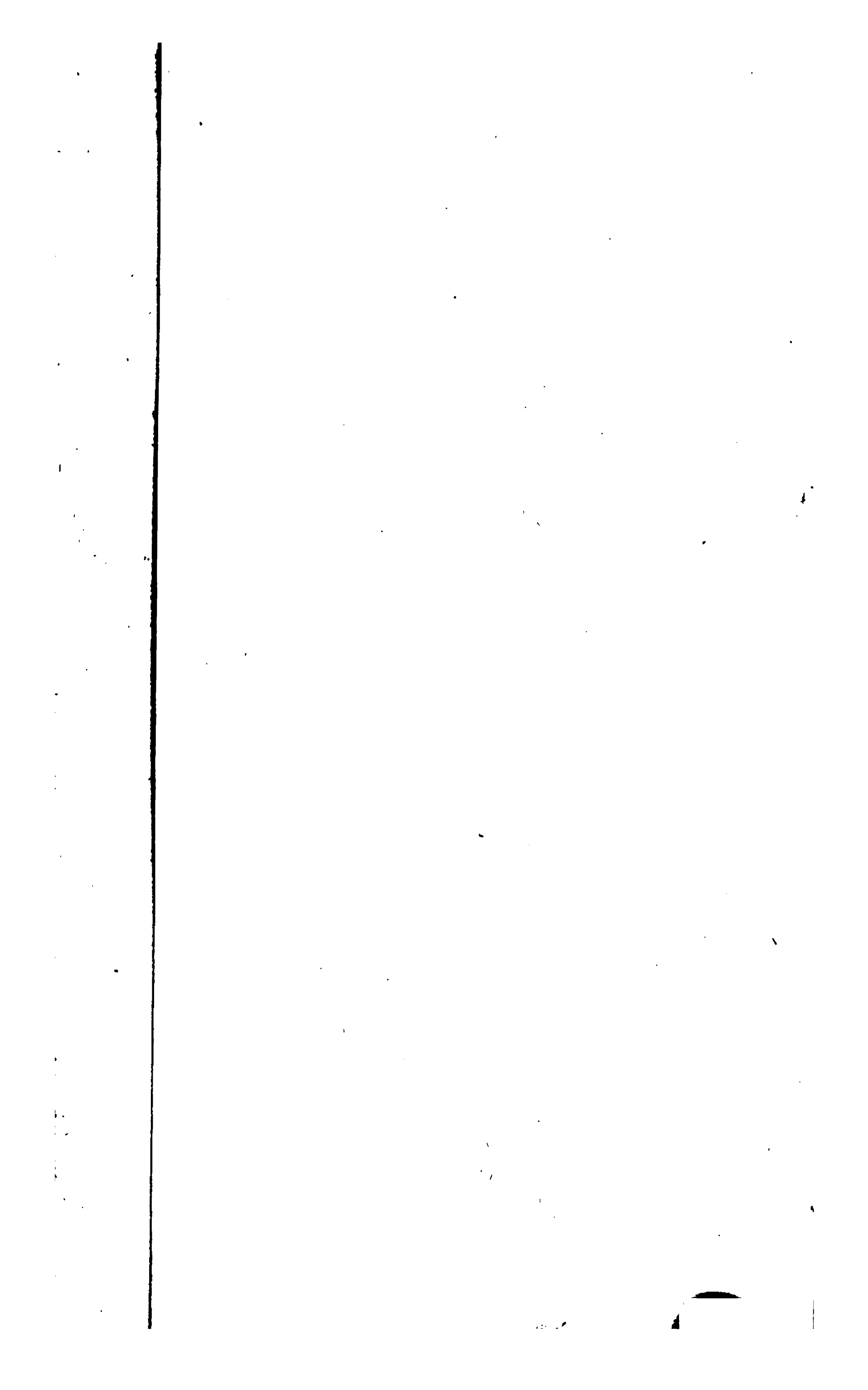
Seite 437 von Z. 17 an, mufs es heifsen: Allein, als die Elektricität durch das Volta-Elektrometer (707. 736) gemessen wurde, fand sich, dafs der erhaltene Wasserstoff genau in dem Verhältnifs stand, welches die Zersetzung von Wasser geliefert haben würde, während der Stickstoff niemals eine sichere und constante Relation besafs. Da bei Vermehrung der Versuche gefunden wurde, dafs bei Anwendung einer stärkeren oder schwächeren Lösung, oder einer mehr oder weniger kräftigen Batterie, das an der *Anode* entwickelte Gas ein sowohl im Bestandtheilsverhältnifs als in absoluter Menge veränderliches Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff war, während der Wasserstoff an der Kathode constant blieb, so konnte kein Zweifel darüber obwalten, dafs der Stickstoff an der Anode ein secundäres Resultat war, entsprungen aus der chemischen Action des von dem elektrischen Strom an jener Fläche entbundenen Sauerstoffs auf das gelöste Ammoniak. Es war also das Wasser, welches elektrolysirt wurde, nicht das Ammoniak.

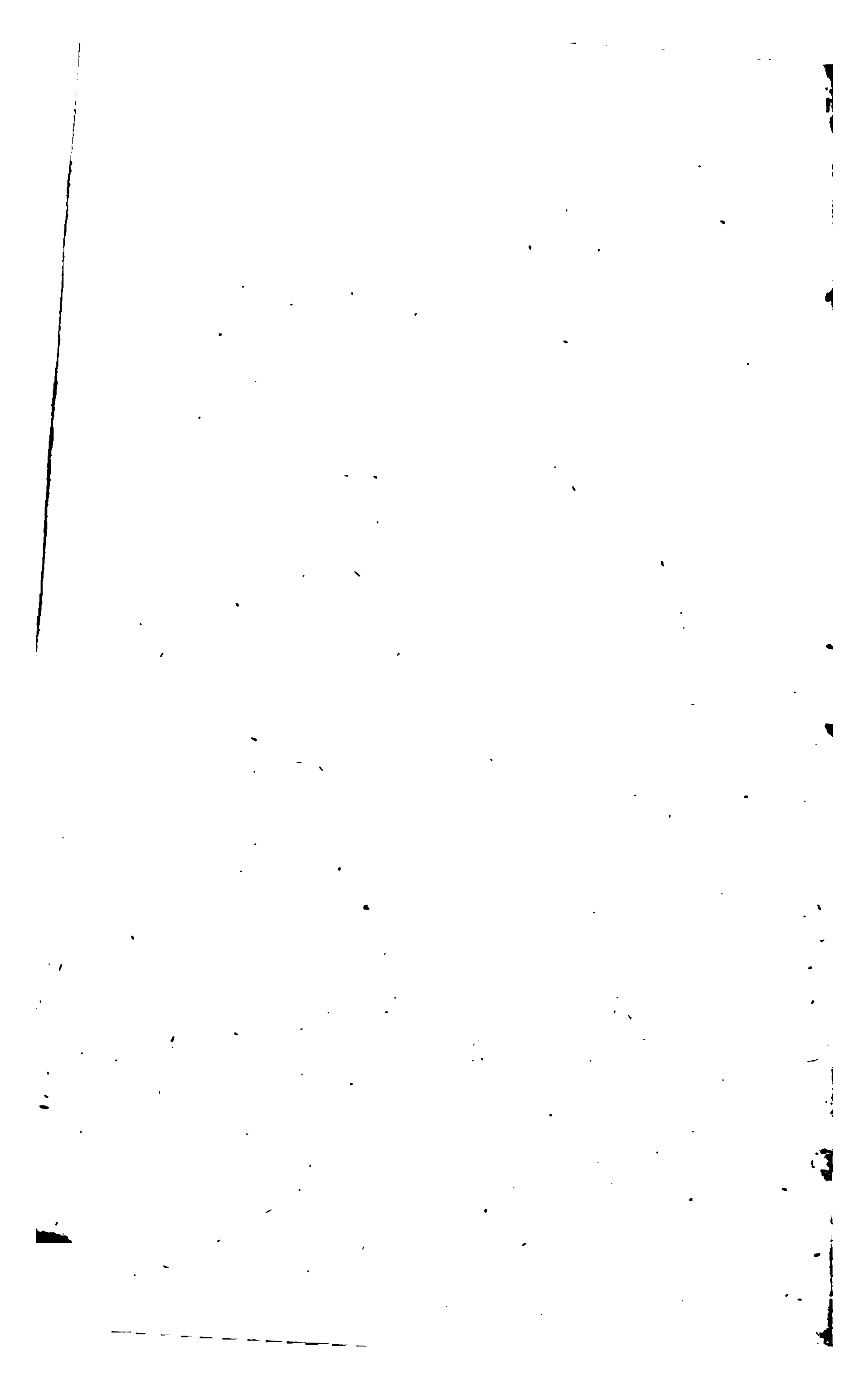
Zur Nachricht!

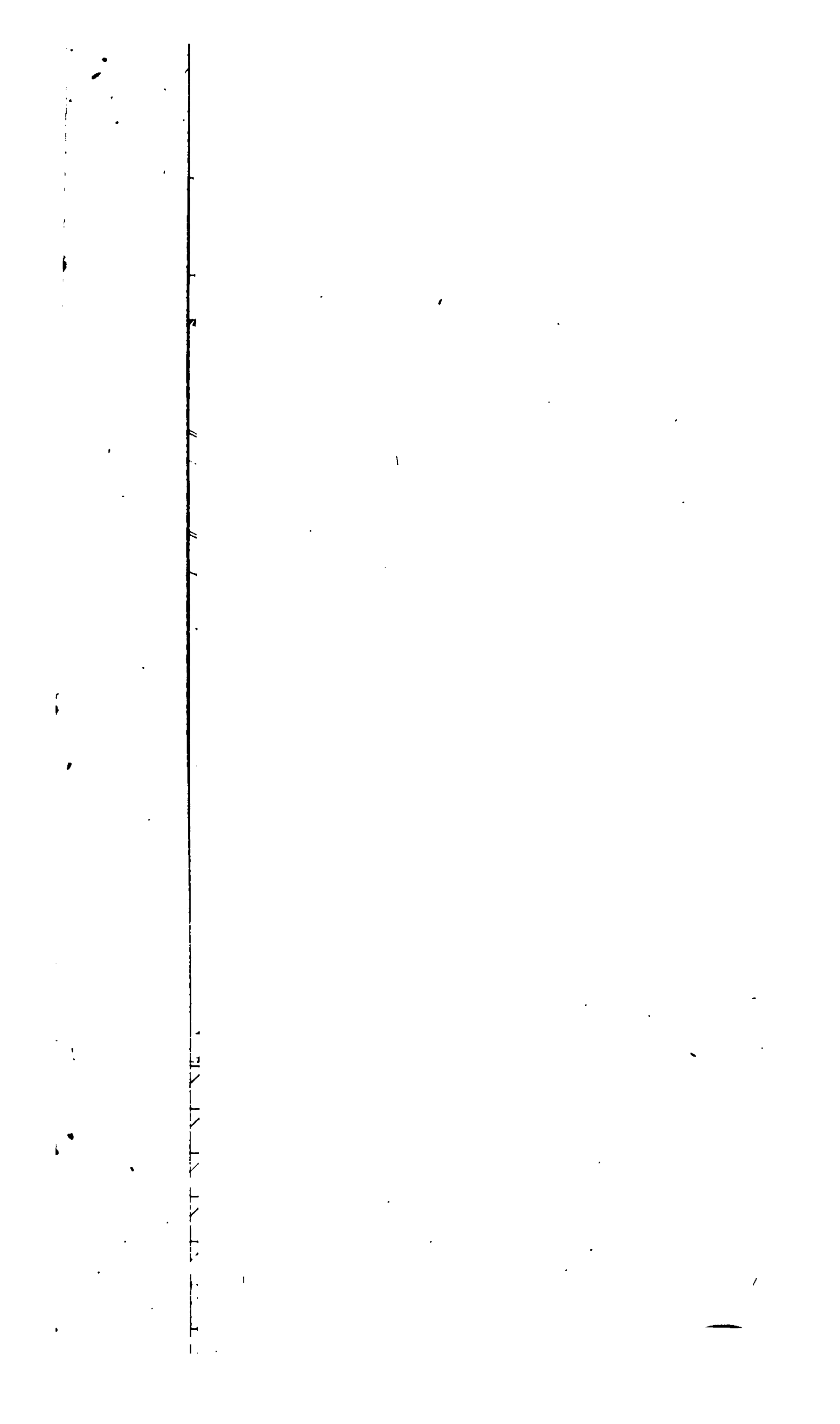
Mehrseitig ausgesprochene Wünsche um Wiederherstellung der früheren Einrichtung dieser Zeitschrift, und die Erfahrung, daſs die dieſsjährige bogenweise Ausgabe derselben ihren Zweck einer schnelleren Verbreitung der wissenschaftlichen Erzeugnisse nur für die Orte in der Nähe von Berlin und Leipzig vollkommen erreicht hat, veranlassen Herausgeber und Verleger, die Annalen mit dem Beginn des Jahsgangs 1835 wiederum in monatlichen Heften von durchschnittlich zehn Druckbogen Stärke erscheinen zu lassen, hoffend dabei, durch eine möglichst pünktliche Beförderung dieser Hefte den Anforderungen des Publicums und der Wissenschaft in gleichem Maaſse entsprechen zu können. Der Herausgeber fühlt sich zugleich zu der Versicherung bewogen, daſs er angelegentlichst bemüht seyn werde, sich seinen Verpflichtungen gegen diejenigen geehrten Verfasser baldigst zu entledigen, deren Beiträge, gleichwie mehre werthvolle Arbeiten des Auslandes, bei der Fülle der Gegenstände im Gebiete der Physik und Chemie bisher keinen Platz in den Annalen gefunden haben. Das erste Heft des neuen Jahrgangs, das innerhalb vierzehn Tagen erscheinen wird, mag als nächste Erfüllung dieser Versicherung angesehen werden.

Berlin, im December 1834.

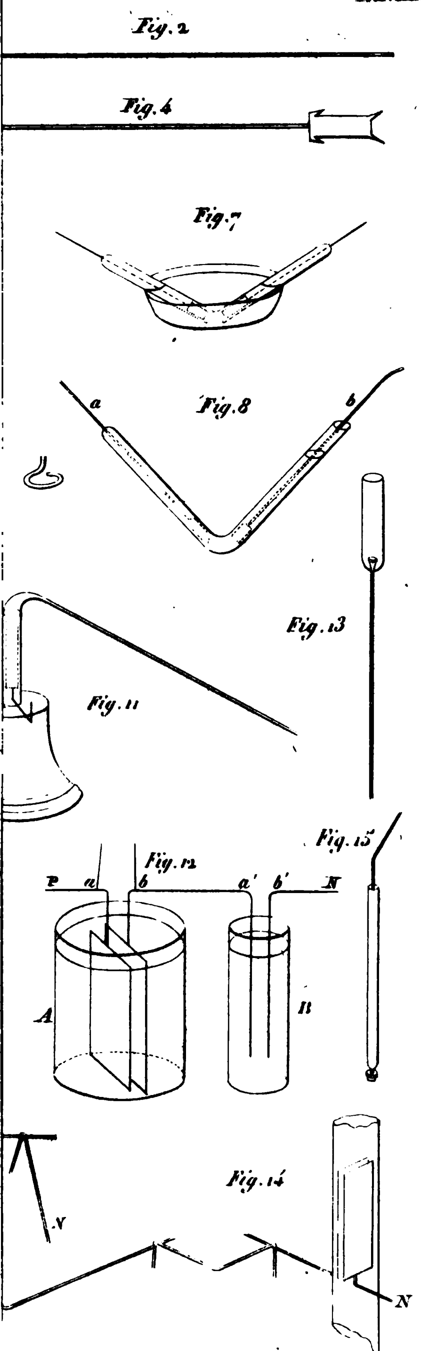


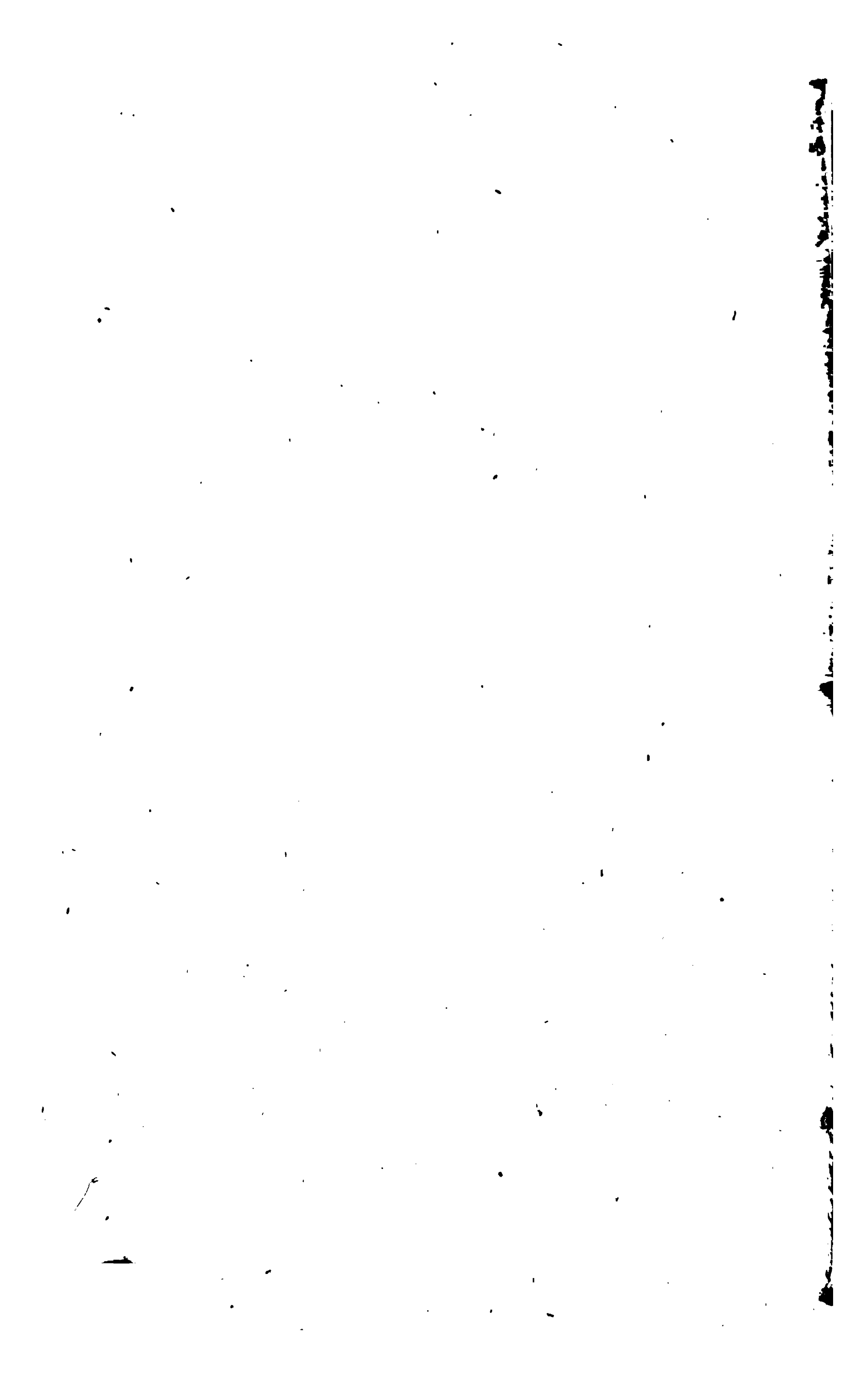









Fig. 2
Fig. 4
Fig. 7
a
Fig. 8
b
Fig. 13
Fig. 11
Fig. 15
Fig. 12
P
a
b
a'
b'
N
A
B
Fig. 14
N



Taf. IV.

ng Beoba 1834.

1h 20' 9h 20' 40 10h

630

620

610

600

590

580

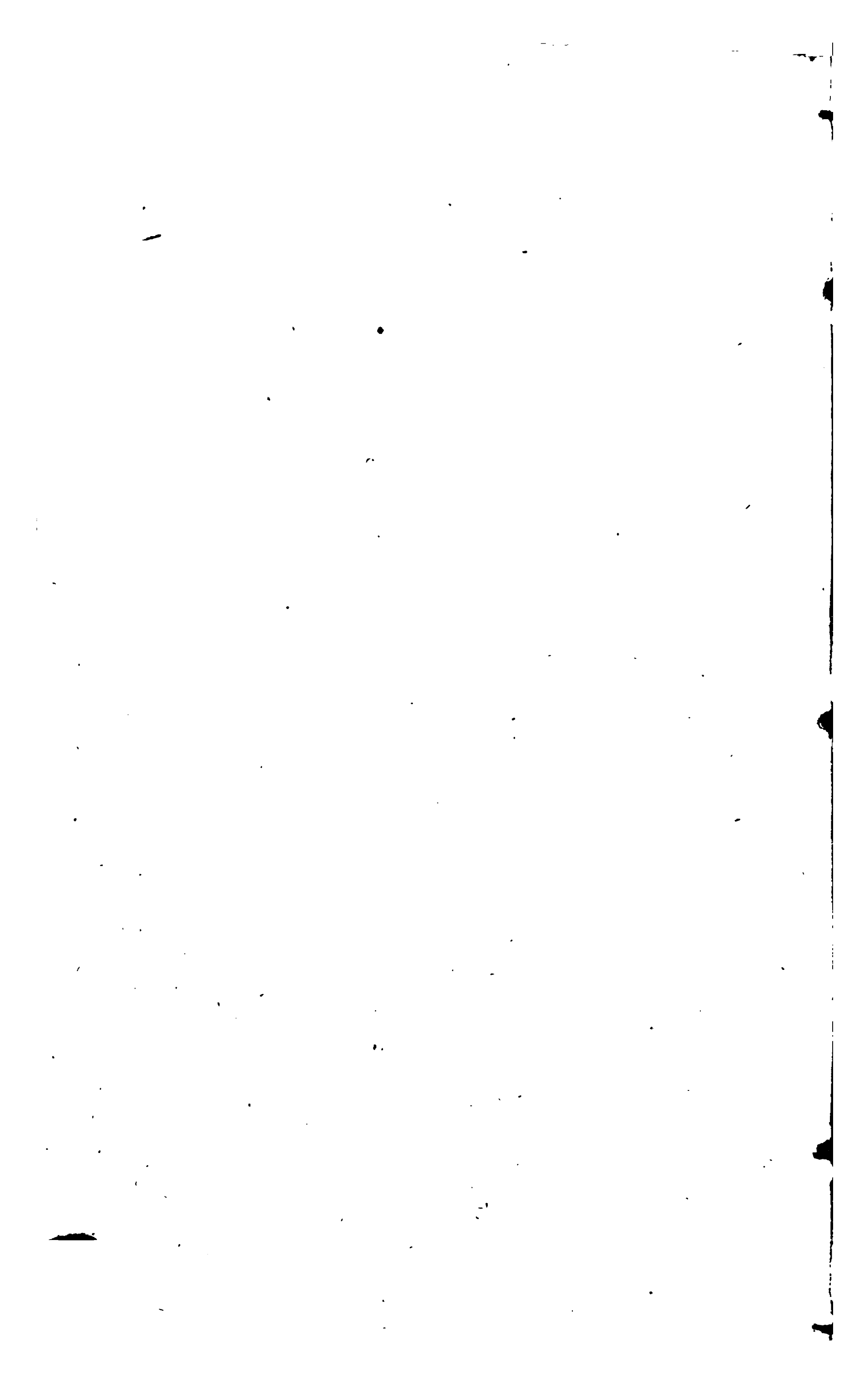
570

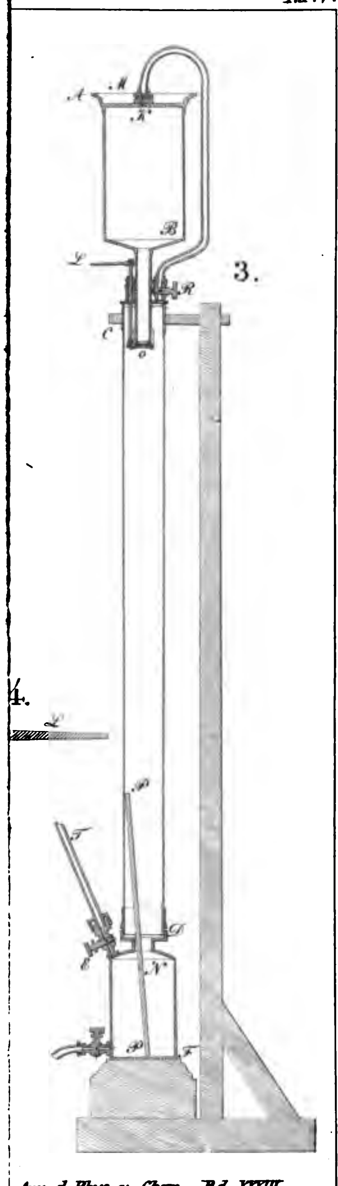
560

550

540

h 20' 40' 20' 40' 10h





C. E. Weber sc.

